

Aus der Poliklinik für Kieferorthopädie
(Direktorin: Prof. Dr. med. dent. habil. Rosemarie Grabowski)
der Kliniken und Polikliniken für
Zahn-, Mund-, und Kieferheilkunde „Hans Morat“
(Geschäftsführender Direktor: Prof. Dr. med. dent. habil. Peter Ottl)
der Medizinischen Fakultät
der Universität Rostock

**Erfolgsbewertung der kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgischen Behandlung
bei Patienten mit Dysgnathien der Angle Klasse II und III mittels monomaxillärer
Operationstechnik
Eine Auswertung mit Hilfe der kephalometrischen Analyse, der Profilanalyse
und der Tensoranalyse**

INAUGURAL - DISSERTATION

Zur

Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Zahnmedizin

(Dr. med. dent.)

der

Medizinischen Fakultät

der

Universität Rostock

vorgelegt von

Thomas Klitsch, geb. in Parchim

Rostock 2009

1. Gutachter : Prof. Dr. Rosemarie Grabowski
2. Gutachter : Prof. Dr. Tomasz Gedrange
3. Gutachter : PD Dr. Dr. Bassam Saka
Tag der Verteidigung : 27.04.2010

| | |
|---|--------------|
| Disposition | Seite |
| 1. Einleitung und Zielstellung | 5 |
| 2. Literaturübersicht | |
| 2.1. Dysgnathien – Probleme und Besonderheiten im Erwachsenenalter | 7 |
| 2.1.1. Klasse II Dysgnathien | |
| Morphologie der Okklusion, des Skeletts, der Weichteile und deren Funktionen | 10 |
| Ätiologie und Genese der Klasse II Dysgnathien | 10 |
| 2.1.2. Klasse III Dysgnathien | |
| Morphologie der Okklusion, des Skeletts, der Weichteile und deren Funktionen | 11 |
| Ätiologie und Genese der Klasse III Dysgnathien | 11 |
| 2.2. Entwicklungen der Operationstechniken und Fortschritte der Dysgnathie Operationen | 12 |
| 2.3. Das Fernröntgenseitenbild als diagnostisches Hilfsmittel für Planung und Erfolgsbewertung | 14 |
| 2.3.1. Analyseverfahren des Fernröntgenseitenbildes | 14 |
| Kephalemtrische Analyse | |
| Weichteilprofilanalyse | |
| Tensoranalyse | |
| 3. Patienten und Methoden | |
| 3.1. Patienten | 21 |
| 3.2. Methoden | |
| 3.2.1. Auswertungsmöglichkeiten von Fernröntgenseitenbildern | 22 |
| 3.2.2. Ablauf der kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgischen Behandlung | 23 |
| 3.3. Analysemethoden | 23 |
| Metrische Kephalemtrie | 24 |
| - vertikale Analyse | |
| - sagittale Analyse | |
| - dentale Analyse | |
| - Weichteilanalyse | 28 |
| Tensoranalyse | 32 |
| 3.4. Fehleranalyse und Statistik | 38 |

| | |
|---|-----|
| 4. Ergebnisse | |
| 4.1. Ergebnisse der metrischen Kephallometrie | 42 |
| 4.1.1. Vertikale Analyse Klasse II und Klasse III | 42 |
| 4.1.2. Sagittale Analyse Klasse II und Klasse III | 46 |
| 4.1.3. Dentale Analyse Klasse II und Klasse III | 57 |
| 4.2. Ergebnisse der Weichteilprofilanalyse Klasse II und Klasse III | 60 |
| 4.3. Ergebnisse der Tensoranalyse | 67 |
| 4.3.1. Sagittale Analyse Klasse II und Klasse III | 67 |
| 4.3.2. Intermaxilläre Analyse Klasse II und Klasse III | 70 |
| 4.3.3. Unterkiefer Klasse II und Klasse III | 79 |
| 5. Diskussion | 86 |
| Zusammenfassung | 92 |
| 6. Literaturverzeichnis | 94 |
| Thesen | 107 |

1. Einleitung und Zielstellung

Viele Erwachsene kommen mit dem Wunsch der Korrektur einer Dysgnathie in die kieferorthopädische Praxis.

Die Gründe sind steigende ästhetische Bedürfnisse (Watted 2001) und verbesserte und weniger belastende kieferorthopädische und kieferchirurgische Verfahren.

In vielen Fällen ist es der Hauszahnarzt des Patienten (Ehmer 1987, Phillips 1997, Lohrmann 2001), der die Behandlungsnotwendigkeit feststellt. Seine Aufgabe besteht darin, den Patienten in einem ersten Beratungsgespräch (Berg 1986) über die Möglichkeiten einer Operation und gegebenenfalls über Alternativen aufzuklären.

Finlay stellte 1995 fest, dass eine Unzufriedenheit mit der Behandlung bzw. dem erreichten Ergebnis von Patienten dann angegeben wurde, wenn sie zu wenige Informationen zu Beginn der Behandlung erhielten. Auftretende Schmerzen, Schwellungen (Acebal-Bianco 2000) und Taubheitsgefühle (Athanasίου 1989) können den Therapieerfolg nachhaltig belasten.

Alleinige kieferorthopädische Therapiemaßnahmen bei Spätbehandlungen skelettaler Anomalien sind nur möglich, indem die skelettale Dysgnathie durch Verschiebungen von Zahngruppen im dentoalveolären Bereich korrigiert wird. Diese Kompensationsmöglichkeit ist in ihrem Ausmaß limitiert, so dass bei schweren Dysgnathien nach Abschluss des Wachstums eine kombiniert kieferorthopädisch-chirurgische Therapie indiziert ist.

Die kieferchirurgischen Operationsmethoden wurden über Jahrzehnte verbessert und in vielen Arbeiten (Trauner 1955, Luhr 1985, Reuther 1988) kritisch beschrieben.

Zum einen bietet die monomaxilläre Technik eine Möglichkeit der Verlagerung zum Beispiel des Unterkiefersegmentes bei einer Rücklage (Klasse II) nach anterior oder bei einer Progenie (Klasse III) nach posterior. Zum anderen wurde die bimaxilläre Technik für einen operativen Eingriff im Oberkiefer und Unterkiefer entwickelt, um den bei größeren Diskrepanzen verbundenen stärkeren Auswirkungen auf Muskulatur und Gewebe entgegenzuwirken. Neben der reinen Translation ergeben sich dadurch auch Möglichkeiten der Schwenkung der Segmente.

Ohne eine operative Korrektur ist in der Regel der Dauererhalt der Zähne prognostisch ungünstig.

Die Auswirkungen der Anomalie auf das Parodontium, die Okklusion, die Kiefergelenke, die unphysiologischen Belastungen der Zähne durch Fehlstellungen, die ästhetischen Nachteile und mögliche Habits sind beträchtlich.

Skelettale und dentale Veränderungen mit ihren Auswirkungen auf das Weichteilprofil lassen sich im Laufe der Behandlungszeit anhand von Fernröntgenseitenbildern (FRS)

dokumentieren. Die Analysen am FRS sind deshalb nicht nur unverzichtbar für die Diagnostik und Planung sondern auch für die Bewertung des Langzeiterfolges.

Dabei werden bei der metrischen wie auch bei der Weichteilprofil-Analyse Normwerte von Winkeln und Strecken mit den Werten aus den eigenen Röntgenbildern verglichen und ausgewertet. Darüber hinaus kann die Tensoranalyse, da sie unabhängig von Referenzwerten ist (Järvinen 1987), lokale Veränderungen in Ausrichtung und Größe darstellen.

Für die Zielstellung der vorliegenden Arbeit ergaben sich folgende Schwerpunkte:

1. Welche Voraussagemöglichkeit über den Erfolg gibt es bei einer monomaxillären Korrektur einer Klasse II oder Klasse III Anomalie?
2. Wie sicher sind die Ergebnisse hinsichtlich der monomaxillären Operationstechnik vom Zeitpunkt direkt nach der Operation bis circa eineinhalb Jahre danach?
Lassen sich Konsequenzen für die Okklusion aus funktioneller und ästhetischer Sicht ableiten?
3. Unter welchen Voraussetzungen ist die monomaxilläre Technik empfehlenswert?

2. Literaturübersicht

2.1. Dysgnathien – Probleme und Besonderheiten im Erwachsenenalter

Die Dysgnathie ist eine Folgeerscheinung einer nicht angepassten Entwicklung von Ober- und/oder Unterkiefer. Davon betroffen sind die Zahnstellung, die Okklusion und die Artikulation. Die Form der Kiefer ist unregelmässig stark verändert. Häufig ist sie nicht nur ein Ausdruck der physischen Störung sondern belastet die ganze Persönlichkeit (Sergl 1967). Zwischen Eugathie und Dysgnathie bestehen fließende Übergänge, je nachdem wie streng die Bewertungsmaßstäbe angelegt sind.

Eine enge Zusammenarbeit ist zwischen Zahnarzt, Kieferorthopäden und Kieferchirurgen notwendig (Stöckli 1980, Reuther 1988, Maurer 2003).

Grundlagen jeder therapeutischen Maßnahme sind die Beurteilung (Barber 1992) von Art und Ausmaß der Dysgnathie und auch die Mitarbeit des Patienten (Lohrmann 2001).

Die Sanierung des Gebisses ohne definitive Kauflächengestaltung und prothetische Versorgungen sind vor der Überweisung zum Kieferorthopäden anzuraten. Bei vielen Erwachsenen ist die parodontale Sanierung notwendig.

Der Erfolg der interdisziplinären Therapie hängt nicht nur von einer adäquaten kieferorthopädischen Vorbereitung, Operationsplanung und chirurgischer Durchführung ab, sondern auch vom Gelingen einer langfristig stabilen Interkuspidation und Okklusion (Bock 1968).

Heiser (1986) weist darauf hin, dass bei erwachsenen Patienten mit Dysgnathien lang anhaltend bestehende Funktionsstörungen des Kauorgans vorliegen. Unterkieferpositionen können dabei durch abweichende Muskelfunktionen und pathofunktioneller Gelenkbefunde so verfälscht sein, so dass eine Behandlung erschwert wird.

Aber auch Funktionsstörungen wie Haltungsschwäche und Dyskinesien erschweren den Therapieerfolg und somit das Langzeitergebnis. In allen Fällen ist eine myofunktionelle Therapie erforderlich.

Die Notwendigkeit einer kieferorthopädischen Behandlung vor der Operation resultiert aus:

1. anatomisch bedingten Fehlfunktionen (z.B. Atem- oder Sprachbildungsstörungen),
2. Fehlbelastungen der parodontalen und artikulären Gewebe,
3. einer erschwerten Mundhygiene,
4. psychosoziale Probleme wegen ästhetischer Defizite.

Einer besonderen Aufmerksamkeit ist daher auch der Kooperation (Berg 1979) und Motivation (Phillips 1997; Mayo 1991) der Patienten zu widmen. Rittersma (1980) schlägt daher vor, die Therapieaufklärung, Vorbereitung und Durchführung der Operation durch ein und dieselbe Person erfolgen zu lassen. Das ist bei einer interdisziplinären Therapie allerdings nicht möglich.

Das therapeutisch nicht mehr ausnutzbare Kieferwachstum erfordert als Therapieform die orthognathe Chirurgie, mit der die Lagediskrepanz zwischen beiden Kiefern korrigiert wird (Watted 2001).

Die kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgische Behandlung stellt eine Erweiterung der Therapiemöglichkeiten in der Erwachsenenbehandlung dar.

Eine Planung kann nur aufgrund detaillierter Diagnostik erfolgen. Dazu gehört auch die Aufklärung des Patienten über den Ablauf der Therapie und Erwartung des Operationsergebnisses (Rittersma 1980).

Der chirurgische Eingriff sollte zur Vermeidung eines Rezidivs erst nach Beendigung des skelettalen Wachstums erfolgen (Lohrmann 2001).

Bei der Behandlungsplanung von Erwachsenen sind wesentliche Faktoren zu beachten (Thilander 1979, Berg 1986):

1. Ab dem 18. Lebensjahr ist der Einfluss des Schädelwachstums für die Behandlung nicht mehr vorhanden
2. die Gingiva und das Parodont sind bedeutend schwerer beanspruchbar
3. eine längere Tragedauer von Apparaturen ist nötig (Ossifikation), geringer angesetzte Kräfte verringern das Risiko der Wurzelresorption (Teuscher 1976)
4. bei teilbezahnten Patienten können aufgrund fehlender Zähne Verankerungsprobleme auftauchen
5. Wurzelgefüllte Zähne können ein Risiko darstellen
6. eine sehr gute Mundhygiene ist erforderlich, der Patient sollte an einem Zahnreinigungsprogramm (Prophylaxe) während und nach der Therapie regelmäßig teilnehmen
7. der Patient muss durch seinen Zahnarzt, Kieferorthopäden und Kieferchirurgen über Ablauf / Konsequenzen und Alternativen ausführlich beraten werden.

Außerdem gibt es altersabhängige Veränderungen in Bezug des Knochenumbaus bei Zahnbewegungen, die der Kieferorthopäde berücksichtigen muss. Die Größe der orthodontischen Kräfte muss deshalb individuell abgestimmt sein.

Neben dem Alter hängt sie unter anderem von der Höhe des Alveolarknochenrandes und der Knochendichte ab (Melsen 1983).

Medizinische Gründe für die Behandlung sind neben ästhetischen und funktionellen Gegebenheiten auch die parodontologische Situation des Patienten.

Im Vergleich zu Kindern ist der Erwachsene selbst der Initiator der Behandlung (Bauer 1990). Alter, Familienstand, Schulbildung und Mitarbeit spielen bei der Motivation eine wichtige Rolle.

Der erwachsene Patient ist häufig besser imstande, die Behandlung abzuschätzen und ob er diesen Belastungen gewachsen ist. Erwachsene sind allerdings weniger motivierbar, wenn die nötige Einsicht nicht vorhanden ist (Berg 1986).

Da sich in vielen Fällen (Kiyak 1981) erwachsene Patienten aus ästhetischen Gründen einer kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgischen Behandlung unterziehen, ist das Weichteilprofil für das äußere Erscheinungsbild für viele Patienten vorrangig wichtig bei der Beurteilung des Therapieerfolges.

Medizinischerseits ist darüber hinaus ein besonderes Augenmerk auf die Funktionsanalyse zulegen (Heiser 1986). Dadurch ist die Prognose der Therapieplanung unabhängig vom orthodontischen und chirurgischen Vorgehen.

Die Bereitschaft zu einer kieferorthopädischen Behandlung hat einen Altersgipfel zwischen 20 und 30 Jahren (Bauer 1990). Eine tragfähige Arzt-Patienten-Beziehung ist von fundamentaler Bedeutung und wesentlicher Bestandteil der Therapie (Laufer 1976, Olson 1980, Rittersma 1980, Flanary 1983, Chou 1993, Hoppenreijds 1999).

Kiyak fand 1982 bei Untersuchungen über neun Monate heraus, dass sich auch die Persönlichkeit des operierten Patienten durch die veränderte Ästhetik wandelt.

2.1.2. Klasse II Dysgnathien

Morphologie der Okklusion, des Skeletts, der Weichteile und deren Funktionen

Die Klasse II Dysgnathie (Angle 1913) beschreibt den Zustand einer ein- oder beidseitigen Distalokklusion, welche skelettal durch eine Rücklage des Unterkiefers gekennzeichnet ist mit und ohne sagittale Schneidekantenstufe.

Angle differenzierte die Klasse II,1, bei der die Schneidezähne des Oberkiefers protrudiert sind und die Klasse II,2 ohne sagittale Stufe mit retroinklinierten Zähnen.

In der Vertikalen kann der Overbite regelrecht, tief oder offen (Scheuer 1991) sein. Transversal ist es meist zu einer Anpassung des oberen Zahnbogens an den unteren gekommen, das heißt, bei einer Korrektur der Distallage müssen die transversalen Diskrepanzen aufgehoben sein. Das Verhältnis der Mittellinien der Zahnreihen intermaxillär und zu ihren jeweiligen Kieferbasen kann auf unterschiedlichste Art (zum Beispiel während des Wachstums durch verfrühte, kariesbedingte Milchzahnextraktionen) verändert worden sein.

Das klinische Bild der Klasse II ist typisch aber nicht ausschliesslich verbunden mit einer skelettalen Retroinklination oder Retroposition der Mandibula. Mit einer Distallage der unteren Zahnreihe ist ein regelrechtes Gebiss nicht vereinbar.

Ätiologie und Genese der Klasse II Dysgnathien

Die Ursache für eine Klasse II Anomalie wird sowohl auf skelettale wie auch auf dentale Faktoren zurückgeführt (Moyers 1980).

Eine skelettal verursachte Anomalie, z.B. eine maxilläre Protrusion (Prognathie) oder eine mandibuläre Retrusion (Retrogenie) ist endogen bedingt und basiert auf dem Vorliegen einer erblichen Komponente. Die Distallage der unteren Zahnreihe ist ebenso anlagebedingt (Grabowski, Stahl et. al 2007). Häufig werden sie durch exogene Ursachen verstärkt, wie zum Beispiel Lutschgewohnheiten. Auch wenn es dank technischer und wissenschaftlicher Fortschritte möglich ist, die Anomalie in jedem Alter zu behandeln, ist die kieferorthopädische Behandlung in der Wechselgebissphase am idealsten, in der Wachstum ausgenutzt werden kann.

Wenn Fehlstellungen aufgrund ihres Schweregrades ein rechtzeitiges Eingreifen erfordern, ist sogar eine Frühbehandlung indiziert.

Erfolgt eine Behandlung in der Kindheit nicht, stellt vor allem die parodontale Gefährdung des Gebisses eine wesentliche Indikation zur Therapie im Erwachsenenalter dar (Watted 1999, Lohrmann 2001).

Der Erfolg oder Misserfolg einer chirurgischen Behandlung hängt dann von einer konsequenten kieferorthopädischen Vorbereitung und adäquaten chirurgischen Durchführung ab. Ziel ist immer eine stabile, dauerhaft regelrechte Interkuspitation und Okklusion (Bock 1968).

2.1.3. Klasse III Dysgnathien

Morphologie der Okklusion, des Skeletts, der Weichteile und deren Funktionen

Die Klasse III Dysgnathie nach Angle (1913) ist gekennzeichnet durch eine ein- bzw. beidseitige Mesialokklusion in sagittaler Relation des Ober- zum Unterkiefers.

Durch die skelettale Mesialverlagerung der Mandibula verstärkt sich die Kinnprominenz (Becker 1966, Luhr 1989).

Eine extrem ausgeprägte skelettale Problematik bei Wachstumsende setzt Grenzen, eine Behandlung nur auf kieferorthopädischem Wege durchzuführen. Die Indikation zur kieferchirurgischen Korrektur ist unstrittig (Ehmer 1987).

Ätiologie und Genese der Klasse III Dysgnathien

Die Ursache einer skelettalen Klasse III Anomalie liegt in einem erblich bedingten zum Teil exzessiven Wachstums des Unterkiefers (Kahl-Nieke 2001).

Symptome für die Ausbildung einer Klasse III können ein progner Schneidezahnüberbiss mit negativer sagittaler Stufe sein. Auch lückig stehende Zähne im Unterkiefer, das Vorliegen eines ein- oder beidseitigen Kreuzbisses sowie eine positive Familienanamnese begünstigen die Entwicklung. Im Erwachsenenalter treffen viele der in Lehrbüchern beschriebenen Kardinalsymptome zu, die Anomalie ist „ausgewachsen“.

2.2. Entwicklungen der Operationstechniken und Fortschritte der Dysgnathie Operationen

1891 führte der Amerikaner Blair eine Kontinuitätsresektion im horizontalen Unterkiefer-Ast durch, dieses war die erste Progenieoperation.

Nach dem Ersten Weltkrieg entwickelten in Europa Bruhn und Lindemann die transversale Osteotomie am Ramus mandibulae. Sie wurde „Bruhn-Lindemann-Operation“ (Canut 1996, Watted 2001) genannt und wurde bis in die 1960er Jahre hin als Standard durchgeführt.

Eine neue Epoche wurde in der orthognathen Chirurgie des Unterkiefers in den 1950er Jahren mit der schrägen Durchtrennung des aufsteigenden Astes durch Kazanjian begonnen (Trauner 1955).

Schuchardt modifizierte diese 1954, um Knochenanlagerungsflächen zu vergrößern, was für die Fixierung der Fragmente eine wichtige Rolle spielte.

Obwegeser (1965) verlagerte 1957 die Osteotomielinie schräg vom letzten Molaren hin zum Winkel des aufsteigenden Astes.

DalPont (1961) war es schließlich, der die Osteotomielinie vom letzten Molaren senkrecht nach unten im horizontalen Ast verlaufen ließ. Diese Operationvariante ist bis heute gültig und wird als „sagittale Spaltung nach Obwegeser-DalPont“ (Jäger 1994) bezeichnet.

Zur Stabilisierung der knöchernen Fragmente wurde die Drahtosteogenese eingeführt, welche die Lagestabilität der Fragmente nicht ausreichend gewährleisten konnte. Die längerfristige über mehrere Wochen hin andauernde erforderliche Fixation war für die Patienten eine erhebliche Beeinträchtigung (Trauner 1955) und machte einen langfristigen Klinikaufenthalt von 6-8 Wochen notwendig.

Für die Stabilisierung der Fragmente wurde die Zugschraubenosteosynthese entwickelt. Sie birgt allerdings die Gefahr der Lageveränderungen zwischen dem proximalen Unterkiefersegment und des Kiefergelenks in sich (Luhr 1985, Luhr 1986, Watted 2001). Die von Lindorf beschriebene Fixierung (Lindorf 1986) mit selbstschneidenden Positionierungsschrauben vermeidet Gelenkdislokationen.

Die Fixierung der Fragmente ist ausschlaggebend für die Stabilität (Van Sickels 1996) des operativen Ergebnisses.

Gefordert wird heute eine genaue Beachtung (Heiser 1986) der Kiefergelenkssituation (Ewers 1979) intraoperativ und auch postoperativ (Ruben 1988). Die muskuläre Rehabilitation durch Physiotherapie unterstützt die postoperative Stabilität.

Die Entwicklung maxillärer Eingriffe begann mit der anterioren Segmentosteotomie von Cohn 1921. 1935 modifizierte Wassmund diese Technik. Sie kommt bis in die heutige Zeit besonders bei vertikalen Verlagerungen des anterioren Segmentes zur Anwendung.

Die am weitesten verbreitete Operationsmethode der Maxilla ist die Le Fort I Osteotomie, zuerst von Wassmund 1927 beschrieben und 1965 von Obwegeser (Obwegeser 1965) routinemäßig durchgeführt.

Der Oberkiefer wird komplett oberhalb der Gaumenebene horizontal osteotomiert und kann in allen drei Raumebenen verlagert werden. Transversale Defizite können durch eine paramediane Osteotomie ausgeglichen werden. Eine chirurgisch unterstützte Gaumennahterweiterung ist heute allerdings das bevorzugte Mittel der Wahl. Durch die Möglichkeit der Verlagerung der Maxilla in allen drei Raumebenen findet die Le Fort I Osteotomie wie die sagittale Osteotomie des Unterkiefers vielseitige Anwendungsmöglichkeiten und Kombinationen.

Beide Operationsmethoden kommen weltweit am häufigsten zum Einsatz (Van de Perre 1996, Costa 1999).

Durch die zunehmende Routine der Le Fort I Osteotomie, dem Fortschritt der Anästhesie und der besseren Stabilisierung der osteotomierten Segmente werden häufiger bimaxilläre Eingriffe durchgeführt. Die Vorteile einer Fixierung über Miniplatten und Schrauben sind eindeutig, die Applikation ist schnell und leicht, die Stabilisierung der Segmente ist besser und zuverlässig. Da auf eine intermaxilläre Fixierung verzichtet werden kann, ist es für den Patienten angenehmer und weniger gefährlich, da der Mund direkt nach der Operation geöffnet, gereinigt und der Luftweg leicht kontrolliert werden kann. Die Verwendung von Miniplatten mit monokortikalen Schrauben hat sich mit der Zeit durchgesetzt (Van de Perre 1996).

2.3. Das Fernröntgenseitenbild als diagnostisches Hilfsmittel für Planung und Erfolgsbewertung

Obwohl das Fernröntgenseitenbild bereits 1935 in der Kieferorthopädie eingeführt wurde, hat es sich erst wegen der neuen Therapiemöglichkeiten in den letzten Jahrzehnten mehr und mehr im klinischen Behandlungsablauf durchgesetzt und hat heute einen festen Platz als kieferorthopädisch-diagnostisches Verfahren.

Die Analyse des Fernröntgenseitenbildes (Rakosi 1989) erlaubt Auskünfte zum Aufbau des Gesichtsschädels, zu Beziehungen der Kieferbasen, zu Beziehungen der Schneidezahnachsen, der Beurteilung der Weichteilmorphologie, zu Wachstumstendenzen und -richtungen, zur Lokalisation der Dysgnathie und deren Behandlungsmöglichkeiten sowie Grenzen.

2.3.1. Analyseverfahren des Fernröntgenseitenbildes

Ein Vergleich der skelettalen (Stabrum 1982), der dentalen und der Weichteilstrukturen (Arnett 1999) jedes Stadiums ist sowohl aus einem einzigen Bild, als auch durch die Beurteilung mehrerer Aufnahmen zu unterschiedlichen Zeitpunkten möglich (Schmuth 1988). Da die präzise Lokalisation von Bezugspunkten auf früheren Röntgenbildern schwierig war, empfahl Schmuth (1971), die FRS Bilder auf Folien durchzuzeichnen (Miethke 1989), darauf zu punkten und dann computergestützt auszuwerten (Bock 2007). Für wissenschaftliche Studien ist dieses Vorgehen auch heute noch unverzichtbar.

Zur Analyse von Veränderungen des Gesichtsschädels zum Beispiel durch Wachstum oder durch operative Eingriffe anhand des Fernröntgenseitenbildes wurde an der Poliklinik für Kieferorthopädie der Universität Rostock durch Stahl (2007) ein Framework entwickelt. Diese Programmentwicklung erfolgte in Kooperation mit dem Lehrstuhl Computergrafik am Institut für Informatik der Universität Rostock.

Sie ermöglicht dem Nutzer, unterstützt durch eine grafische Benutzeroberfläche, das Eingeben und die Berechnung von Daten sowie die visuelle Präsentation der Werte und Ergebnisse.

Gleichzeitig erlaubt die Software die Berechnung der kephalometrischen Analyse und der Tensoranalyse. Dazu gehören einfach nutzbare Suchfunktionen zur Probandenauswahl, eine flexible Auswahl von Röntgenbildern, das Löschen und Hinzufügen von Röntgenbildern, digitale Bearbeitung der Bilder mit der Möglichkeit der Fehlerkorrektur, Zoomfunktion, Ergebnisanzeige, die Speicherung der Stammdaten, Bilddaten, Ergebnisdaten und Punktdaten in einer lokalen Datenbank, den Export der Ergebnisdaten in eine globale Datenbank und die Übergabe an Berechnungsfunktionen. Außerdem können vorhandene Datenmengen erweitert und ausgetauscht werden.

Die globale Datenbank enthält alle erhobenen Daten, die lokale Datenbank enthält einen Ausschnitt der globalen Datenbank und dient der Speicherung von Daten, die zur Lösung einer konkreten Aufgabe erforderlich sind.

Dieses von Stahl (2007) entwickelte Rostocker Wachstumsanalyse Tool (ROWAT) dient der Auswertung der Fernröntgenseitenbilder für die kephalometrische Analyse und für die Tensoranalyse. Es ist Grundlage der in der Studie vorgenommenen Auswertungsmethoden. ROWAT beinhaltet eine lokale Datenbank, eine SQL-Datenbank, die Rostocker Kephalemetrische Analyse (ROKA), die Rostocker Tensoranalyse (ROTA) und die Rostocker Visuelle Analyse (ROVA).

Durch die gemeinsame Nutzung einer einheitlichen Schnittstelle, der Erweiterbarkeit und Austauschmöglichkeit von Daten ist ROWAT flexibel einsetzbar. Die Schaffung von Normwerten aus der Rostocker Längsschnittstudie von Klink-Heckmann im Jahr 1979 zeigt erstmals solche über den gesamten Wachstumsverlauf und erlaubt ebenso erstmals die Interpretation von Ergebnissen der Tensoranalyse.

Die kephalometrische Analyse blieb in der Kieferorthopädie seit Entwicklung des Fernröntgenseitenbildes lange Zeit die einzige Analyse und ist auch heute noch die gebräuchlichste Analyse-Methode.

Durch Beurteilung (Schwarz 1959, Drygland-Vig 1989) unterschiedlicher Parameter ist es möglich zu untersuchen, in welche Richtung sich bestimmte Winkel verändern, ob sie größer oder kleiner werden. So geben sie mögliche Hinweise auf Wachstumstendenzen wie zum Beispiel anteriore oder posteriore Lageveränderungen von Bezugspunkten, die auf den Therapieverlauf und das Behandlungsergebnis Einfluss haben können (Jäger 1994, Watted 2001).

Die Grenzen der metrischen Kephalometrie sind durch die Bezugnahme von sich selbst verändernden Regionen des Gesichtsschädels gegeben. Das heißt, eine rein lokale Veränderung zu beschreiben ist praktisch nicht möglich.

Die Beurteilung der Weichteilsituation während der Therapie ist sehr wichtig. Sie ist für den Behandler nicht einfach. Neben der Lage der Weichteilpunkte sind auch weitere dentoskelettale Faktoren zu beachten, wie der Abstand der unteren und oberen Schneidezähne zum Okklusallplanum, die Schneidezahnstellung mit Overbite und Overjet und Weichteilstrukturen wie die Ober- und Unterlippendicke. Somit bestimmen die Weichgewebsdicke und dentoskelettale Faktoren das Profil (Arnett 1999).

Desweiteren hat das Kinn neben der Stirn, Nase und Jochbeinprominenz eine besondere Bedeutung für die Harmonie des Gesichtsprofils (Luhr 1989), was sich bei Veränderungen in den Weichteil-Pogonion Werten widerspiegelt.

Daher ist es sinnvoll, die Beurteilung der Weichteilsituation anhand einer standardisierten, leicht einzuzeichnenden Bezugsebene wie der True Vertical Line durchzuführen, welche eine Senkrechte zur Frankfurter Horizontalen darstellt und durch den Subnasal-Punkt verläuft, um prä- und postoperative Ergebnisse vergleichen zu können. So können Fehler minimiert und Untersuchungen exakter werden.

Neben der True Vertical Line beschreibt auch die Ästhetiklinie nach Ricketts das Gesichtsprofil. Charakterisiert wird die Ästhetiklinie durch den Verlauf von der Nasenspitze zur Weichteil-Kinnspitze (Weichteilpogonion).

Ohne skelettale Anomaliesymptome liegt der Unterlippenpunkt auf dieser Linie.

Skelettale und dentale Veränderungen durch kieferorthopädische Apparaturen und kieferchirurgische Eingriffe bei Dysgnathien führen zu Veränderungen des Weichteilprofils. Arnett (1999) beschrieb, das Inzisalkanten der oberen und unteren Schneidezähne mit regelrechtem Overbite zu einem harmonischen Profilverlauf der Lippen führen. Auch können durch die kieferorthopädische Ausformung der Zahnbögen Auswirkungen auf den skelettalen A-Punkt bewirken (Wilmott 1993) und so Abweichungen auftreten. Je genauer der Kieferorthopäde und der Chirurg den vorliegenden Dysgnathiegrad beachten, umso größer ist der Einfluss auf das Ergebnis.

Bookstein und Moyers schlugen 1979 eine Alternative zur kephalometrischen Untersuchung vor, welche auf dem Konzept von Thompson (1942) basiert (Battagel 1994).

Bookstein führte die Tensoranalyse in die Kieferorthopädie ein, Järvinen (1987) trug zu ihrem Verständnis in Europa bei. Die Methode basiert auf der Geometrie der Ebene.

Je nach Erfordernis werden Anzahl und Lokalisation von Messpunkten individuell gewählt, dann auf dem Fernröntgenseitenbild auf Folien durchgezeichnet und digitalisiert.

Die benutzten kephalometrischen Messpunkte bilden verbunden ein Vieleck, aus dem zweckdienliche Dreiecke gebildet werden und paarweise, das heisst im Längsschnitt, einen Vergleich von Fernröntgenbildern ermöglichen. Aussagen über Veränderungen des Wachstums oder durch die Operation können durch den Vergleich der Dreiecke von unterschiedlichen Therapiezeitpunkten erfolgen, die Dilatationen sind das Maß der Veränderung in Richtung und Größe.

Bünger (1996) beschreibt die Vorteile der Tensoranalyse gegenüber anderen gebräuchlichen kephalometrischen Analyseverfahren:

- Jede Veränderung oder Abweichung kann innerhalb derselben Region beschrieben und gemessen werden, in der sie stattgefunden hat.
- Auf Grund der relativen Länge der Tensoren verliert die Skala der Zeichnung ihre Bedeutung.
- Dadurch wird eine beliebige Vergrößerung von Teilen der kephalometrischen Zeichnung möglich.
- Die Tensoranalyse eignet sich besonders für die Beschreibung von Ausmaß und Richtung der Veränderung.

Die Tensoranalyse ist also in der Lage, ein Ergebnis unabhängig von Referenzpunkten lokal zu definieren.

Sie dient dem Zweck, Veränderungen festzustellen und zu unterscheiden (Järvinen 1987).

Die Tensoranalyse beschreibt so flexibler die Vorstellung von Änderungen beim Wachstum und Effekte der Behandlung (Battagel 1994).

Die Veränderungen können isotrop sein, das bedeutet, dass das Dreieck sich nur in der Größe verändert und beide Dilatationen gleich groß sind. Anisotrope Veränderungen beschreiben die Änderung von Form und Größe.

Für die Berechnung der Ergebnisse sind aufwendige Konstruktionen und Berechnungen nötig:

1. Translokation

Eine beliebige Spitze eines Dreiecks $\triangle A'B'C'$ wird auf das erste Dreieck $\triangle ABC$ zurückgesetzt.

2. Rotation

Das zweite $\triangle A'B'C'$ wird so um den gemeinsam gewählten Punkt A herumgedreht, so dass eine Strecke $A'-B'$ auf der Strecke A-B liegt.

3. Wiederherstellung der Skala

Man muss die Skalen der Dreiecke auf eine gleiche Größe bringen, dies geschieht durch Verkleinerung oder Vergrößerung wie in Abbildung 1.

Dabei gibt die Länge der Strecke A-B den richtigen Maßstab an.

Von $B'-C'$ wird eine Linie gezogen und durch Parallelverschiebung die Strecke durch den Punkt B gelegt.

So entsteht die Linie $B'-C''$ und somit ein neues Dreieck $A'B'C''$, welches der Skala von $\triangle ABC$ entspricht.

Nun kann man die Veränderungen beschreiben und messen.

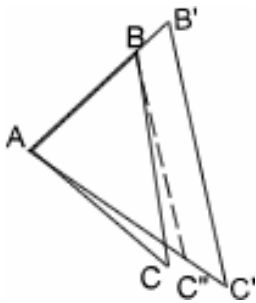


Abbildung 1: Wiederherstellung der Skala durch Bildung einer Linie $B'-C''$ durch Parallelverschiebung von $B'-C'$ zum Punkt B

Durch die Veränderungen von Dreiecken entstehen minimale und maximale Dilatationen (D1 und D2).

Eine Dilatation zeigt den Anisotropiegrad der Veränderung an.

Um die Dilatationen sichtbar zu machen, wird eine Linie gezogen von $C-C''$, von dieser Linie wird genau in der Mitte der Linie eine Senkrechte zur Strecke A-B gezogen.

Es entsteht auf der Strecke A-B der Punkt P. Von diesem wird ein Halbkreis gebildet, welcher durch die beiden Dreieckspunkte C und C'' verläuft und die Strecke A-B schneidet.

Es entstehen die Punkte L und R wie in Abbildung 2.

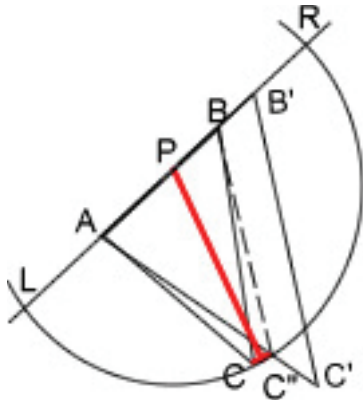


Abbildung 2: Bildung der Punkte P, L und R

Jetzt werden jeweils von Punkt L und R Linien gezogen zu den Punkten C und C''.

Abbildung 3 zeigt die minimalen und maximalen Dilatationen der entstehenden Dreiecke.

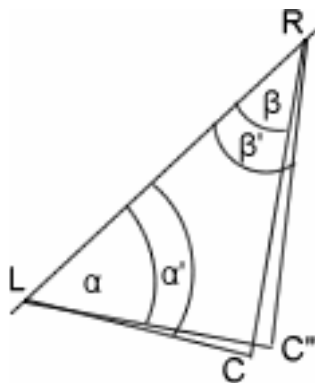


Abbildung 3: Richtungen der maximalen und minimalen Dilatationen

Die Richtungen der Dilatationen formen dann das biorthogonale Kreuz.

Die Arme des Kreuzes verlaufen von zwei Spitzen des Dreieckes zur gegenüberliegenden Seite.

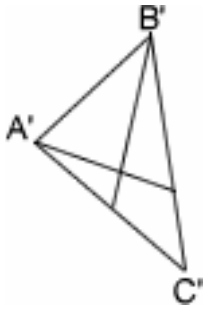


Abbildung 4: Dilatationen im Dreieck A'B'C'

Jetzt können die Dilatationen grafisch in die Dreiecke eingezeichnet werden (Abbildung 4). Die Winkel alpha und beta geben die Richtung der Veränderungen zwischen zwei Zeitpunkten an (Abbildung 5).

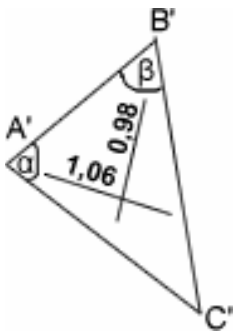


Abbildung 5: $\triangle A'B'C'$ mit D1 (1,06) und D2 (0,98), alpha und beta Winkeln

Die Abbildung 5 zeigt beispielhaft, dass eine Vergrößerung in der Horizontalen bei der Strecke A' nach C' um 6% und eine Verkleinerung um 2% in der Vertikalen von B' nach C' erfolgt ist.

Durch die Entwicklung des Rostocker Wachstums Analyse Tools (ROWAT) und den beinhaltenden Analyse Programmen ROKA und ROTA (Stahl 2007) wird es möglich, einfacher, schneller und sicherer Fernröntgenbilder zu digitalisieren, auszuwerten, abzuspeichern und die ermittelten Werten statistisch zu interpretieren.

Sie stellt damit für die wissenschaftliche Arbeit eine völlig neue Bewertungsmöglichkeit dar.

Die Entwicklung der Software (ROWAT) ermöglicht auch für die praktische Kieferorthopädie einen schnellen Einblick in abgelaufene Prozesse.

Die Schaffung von Normwerten für die Tensoranalyse durch Stahl (2007) erlaubt erstmals die Wertung von Ergebnissen und macht ihre Anwendung dadurch praxiswirksam.

3. Patienten und Methoden

3.1. Patienten

Um eine Beurteilung von unterschiedlichen postoperativen Veränderungen möglich zu machen, wurden Patienten mit einer Unterkieferrücklage (Angle Klasse II) und Patienten mit einer mesialen Unterkieferlage (Angle Klasse III) zahlenmäßig gleich in die Studie einbezogen.

Das chirurgische Prozedere sollte einheitlich abgelaufen sein.

Bei allen Patienten wurde im Unterkiefer eine monomaxilläre sagittale Unterkieferspaltung nach Obwegeser DalPont durchgeführt.

Für die in diese Studie einbezogenen 32 weiblichen und 9 männlichen Patienten (Abb. Tab.1) ist aufgrund ausgeprägter Dysgnathien im Sinne einer Angle Klasse II oder einer Angle Klasse III ein kombiniert orthodontisch-chirurgisches Therapiekonzept geplant und durchgeführt worden.

Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung sollte der operative Eingriff eineinhalb Jahre zurück liegen. 21 Patienten gehörten der Klasse II und 20 Patienten der Klasse III an.

Zum Zeitpunkt T1 wurde das erste Fernröntgenseitenbild in der präoperativen Phase angefertigt. Das Röntgenbild bei T2 wurde einige Tage nach der Operation und bei T3 circa eineinhalb Jahre post operationem aufgenommen.

Ein präoperatives und zwei postoperative Fernseitenröntgenbilder sollten für die Bewertung des Therapieergebnisses und des Langzeiterfolges vorhanden sein (Tab. 2)

Tabelle 1: Aufteilung nach Klassen, Geschlecht und Anzahl der Patienten

| | weiblich | männlich | gesamt |
|------------------|-----------------|-----------------|---------------|
| Angle Klasse II | 19 | 2 | 21 |
| Angle Klasse III | 13 | 7 | 20 |
| Gesamt | 32 | 9 | 41 |

Tabelle 2: Untersuchungsgruppe, Alter (Mittelwert) der Patienten bei T1, T2, T3 in Jahren und Monaten (Mon.) nach OP und Standardabweichung (SD)

| | n | Alter in Jahren | | | | | | Mon. nach OP |
|------------------|----|-----------------|-----|-----------|-----|-----------|-----|--------------|
| | | T1 | | T2 | | T3 | | |
| Dysgnathie | | \bar{x} | SD | \bar{x} | SD | \bar{x} | SD | \bar{x} |
| Angle Klasse II | 21 | 29,5 | 0 | 30 | 0 | 31,6 | 0 | ~18 |
| weiblich | 19 | 31,3 | 6,7 | 31,7 | 6,6 | 33,3 | 6,6 | ~18 |
| männlich | 2 | 27,1 | 2,6 | 27,5 | 2,3 | 29,6 | 1,2 | ~25 |
| | | | | | | | | |
| Angle Klasse III | 20 | 21,9 | 0 | 22,4 | 0 | 24,1 | 0 | ~19 |
| weiblich | 13 | 22 | 5 | 22,5 | 5,1 | 24,2 | 4,7 | ~19 |
| männlich | 7 | 21,7 | 4,2 | 22,3 | 3,8 | 24 | 3,5 | ~19 |

Bei den Probanden mit Klasse II Dysgnathien war die jüngste Patientin bei Behandlungsbeginn 16,2 Jahre alt, die Älteste 43,8 Jahre. Bei den männlichen Probanden mit einer Klasse II war der jüngste 24,5 Jahre und der älteste 29,7 Jahre alt. Zum Zeitpunkt T3 waren die Jüngste 18,4 Jahre und die Älteste 44,8 Jahre alt. Bei den männlichen Patienten war der jüngste 28,4 Jahre, der älteste 30,7 Jahre alt.

Das Alter der weiblichen Patienten mit einer Klasse III Anomalie lag bei Behandlungsbeginn zwischen 15,4 und 37,3 Jahren, bei den männlichen zwischen 16 und 29,8 Jahren.

Zum Behandlungsende waren die Patientinnen zwischen 21,0 und 38,3 Jahre alt.

Bei den männlichen Patienten lag das Alter bei T3 zwischen 20,8 und 31,5 Jahren.

3.2. Methoden

3.2.1. Auswertungsmöglichkeiten von Fernröntgenseitenbildern

Der Erfolg einer kieferchirurgischen Behandlung von Klasse II und Klasse III Anomalien hängt nicht nur von der Operationstechnik ab, sondern auch von einer konsequenten kieferorthopädischen Vorbereitung.

Die Fernröntgenseitenbild-Auswertung zur Therapieplanung gibt Informationen über skelettale und dentale Strukturen und deren Veränderungen im Laufe der Therapie.

An Modellen des Oberkiefers und Unterkiefers kann die Operation simuliert werden und die präoperativ geplante Okklusion postoperativ geprüft werden.

Weiterhin ist es möglich, eine Vorhersage über die Veränderung des Weichteilprofils des Patienten nach der Operation anhand der Modelle und der Fernröntgenseitenbilder zu treffen.

3.2.2. Ablauf der kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgischen Behandlung

Nach der kieferorthopädischen Vorbehandlung erfolgt die Vorbereitung auf die Operation. Dazu wurde jeweils eine Aufbissschiene im Unterkiefer eingegliedert, um die physiologische Kondylenposition, die Zentrik zu ermitteln.

Die Zentrikschiene wird in den sogenannten Zentriksplint überführt um intraoperative Kiefergelenkverlagerungen zu vermeiden.

Der Operations-Splint gibt dem Operateur die neue Lage des Unterkieferfragmentes zum Oberkiefer vor.

Nach der Operation erfolgt die Feineinstellung der Okklusion. Sie beginnt wenige Tage nach dem chirurgischen Eingriff. Sie wurde ausschliesslich durch den kieferorthopädischen Vorbehandler vorgenommen, der auch den Zeitpunkt der Entfernung der festsitzenden Apparatur bestimmt.

Aus Stabilitätsgründen der Frontzahnstellung wurden nach Abschluss der Behandlung Retainer verwendet, die im Unterkiefer von Eckzahn bis Eckzahn liegen.

3.3. Analysemethoden

Die angefertigten Fernröntgenseitenbilder der verschiedenen Therapiephasen dienen dazu, den Verlauf zu kontrollieren und zu dokumentieren.

Durchzeichentechnik

Die Fernröntgenseitenbilder jedes Probanden wurden manuell auf 0,003" matter Azetatfolie mit Hilfe eines angespitzten 2H Zeichenbleistiftes in einer Sitzung durchgezeichnet.

Bei Doppelkonturen bilateraler Strukturen wurde jeweils die Mitte der Doppelkonturen gezeichnet. Alle für die Auswertung benötigten Referenzpunkte wurden markiert.

Neben der funktionellen Okklusionsebene, der Frankfurter Horizontalen, der Linie Sella turcica – Gnathion wurden auch die True Vertical Line (TVL) und die Ästhetik Linie (EL) nach Ricketts eingezeichnet (Abbildung 7).

Digitalisierung und Berechnung

Vor der Punkteingabe am Computer wurden die Durchzeichnungen der seitlichen Fernröntgenbilder mit einer Auflösung von 300 dpi (dots per inch) in Graustufen eingescannt und dann in das Programm für die kephalometrische Analyse (ROKA) bzw. für die Tensoranalyse (ROTA) zur Auswertung eingelesen.

Das Punkten und die Digitalisierung erfolgten bei der kephalometrischen Analyse mit 27 Referenzpunkten (Abbildung 8) mit dem Programm ROKA (Rostocker Kephalemetrische Analyse) und für die Tensoranalyse mit 36 Referenzpunkten (Abbildung 11) mit dem Programm ROTA (Rostocker Tensor Analyse).

Die nach der Punkteingabe mit dem jeweiligen Analyse Tool vermessenen Werte wurden berechnet und gespeichert. Die angulären Messwerte wurden in Grad und die linearen Messwerte in Millimetern angegeben.

Die Weichteilprofilanalyse erfolgte direkt auf den Folien. Dazu wurden neben den Weichteilpunkten (Abbildung 7 und 8) auch die True Vertical Line (TVL) bei allen drei Zeitpunkten für jeden Patienten eingezeichnet und der Abstand der Punkte zur Linie in Millimetern (mm) gemessen. Daraufhin erfolgte die Umrechnung der Vergrößerungsfaktoren (1.08 und 1.30) auf die reale Größe und den korrekten Abstand in mm.

Metrische Kephalemetrie

Die Kephalemetrische Analyse dient der kieferorthopädischen Diagnostik. Dentale und skelettale Abweichungen können differenziert und bewertet werden.

Im Kapitel 2.3.1. erfolgte die Beschreibung der Kephalemetrischen Analyse des Fernröntgenseitenbildes.

In der Abbildung 6 sind die Punkte eingezeichnet, welche am Computer mit dem ROKA Programm eingegeben wurden, um Winkel und Strecken vermessen zu können.

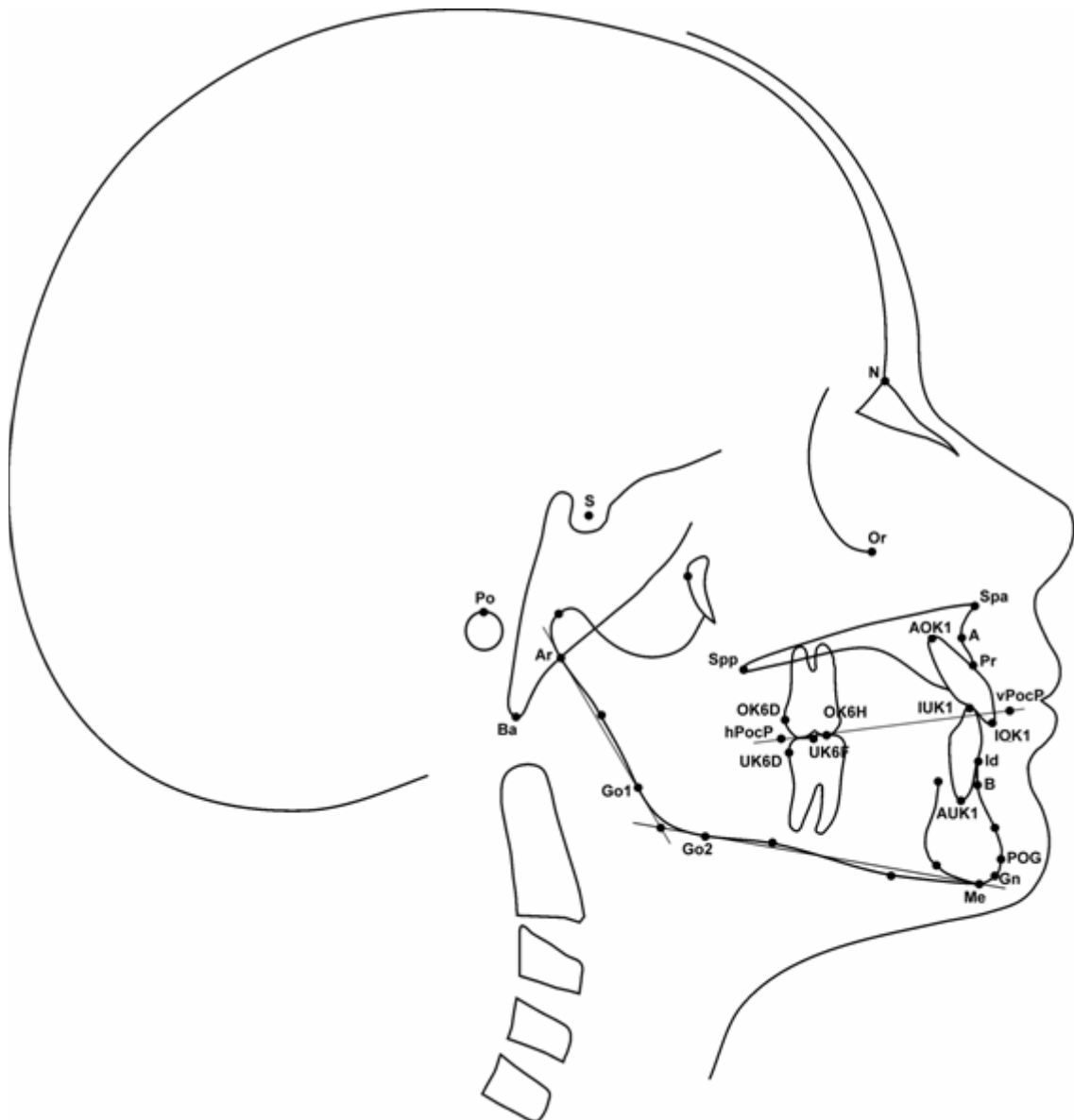


Abbildung 6: Zur Untersuchung eingegebene kephalometrische Punkte (auf Seite 26 und 27 aufgelistet) für die im Kapitel 2.3.1. beschriebenen Kephalmetrischen Analyse.

Definition der verwendeten Punkte

Zur Auswertung der Fernröntgenseitenaufnahmen durch die Kephalmetrische Analyse wurden folgende Punkte am PC auf dem Fernröntgenseitenbild gesetzt:

| | |
|-------|---|
| S | Sellapunkt, geometrischer Mittelpunkt der Fossa hypophysialis in der Median-Sagittalebene |
| N | Nasion, der am weitesten anterior gelegene Punkt der Sutura fronto- nasalis am Übergang vom Os frontale zum Os nasale in der Median- Sagittalebene |
| Po | Porion, oberster Punkt des Porus akustikus externus |
| Or | Orbitale, tiefster Punkt des Infraorbitalrandes |
| Ba | Basion, unterster posteriorster Punkt des Clivus = anteriorster Punkt des Foramen magnum in der Median- Sagittalebene |
| Ar | Artikulare, ist der röntgenologische Schnittpunkt des Unterrandes des Clivus mit dem Hinterrand des Collum |
| Go1 | Goniontangentialpunkt, Berührungspunkt einer Tangente von Ar ausgehend an die Rückseite des aufsteigenden Astes des Unterkiefers |
| Spp | Spina nasalis posterior, ist ein konstruierter Schnittpunkt des knöchernen Nasenbodens mit der anterioren Wand der Fossa pterygopalatina, der die hintere Begrenzung der Maxilla darstellt |
| hPocP | hinterer Punkt zur Definition des Okklusallplanums |
| OK6D | distalster Punkt der Krone des OK 6er Molaren |
| UK6D | distalster Punkt der Krone des UK 6er Molaren |
| OK6H | Spitze des mesiovestibulären Höckers des ersten oberen Molaren |
| UK6F | mittlere vestibuläre Querfissur des ersten unteren Molaren |
| AOK1 | Apikalpunkt/ Wurzelspitze des am weitesten anterior stehenden mittleren oberen Schneidezahnes |
| Spa | Spina nasalis anterior, vorderster Punkt der knöchernen Spina nasalis anterior in der Median-Sagittalebene |
| A | A-Punkt/ Subspinale, dorsalster Punkt an der vorderen Kontur des OK- Alveolarfortsatzes in der Median- Sagittalebene (Parallelverschiebung der Verbindungsgeraden Pr- Spa bis diese tangential die konkave anteriore Kontur des Oberkiefer- Alveolarfortsatzes berührt. Der Tangentialpunkt entspricht dem A- Punkt.) |
| Pr | Prosthion, Oberkieferzahnfachrand vestibulär, ist in der Median- Sagittalebene der am weitesten unten liegende Punkt des Alveolarfortsatzes zwischen den mittleren oberen Schneidezähnen |
| IUK1 | Inzision inferius, Inzisalpunkt/ Schneidekante des am weitesten anterior stehenden mittleren unteren Schneidezahnes |

| | |
|------|---|
| IOK1 | Inzision superius, Inzisalpunkt/ Schneidekante des am weitesten anterior stehenden mittleren oberen Schneidezahnes |
| Id | Infradentale, Unterkieferzahnfachrand vestibulär, ist in der Median- Sagittalebene der oberste und am weitesten anterior gelegene Punkt zwischen den mittleren unteren Inzisivi |
| B | B-Punkt/ Supramentale, dorsalster Punkt der vorderen Kontur des Unterkiefer- Alveolarfortsatzes in der Median- Sagittalebene |
| AUK1 | Apikalpunkt/ Wurzelspitze des am weitesten anterior stehenden mittleren unteren Schneidezahnes |
| Pog | Pogonion, anteriorster Punkt des knöchernen Kinns tangentialer Berührungspunkt der Senkrechten auf die Mandibularebene Me- Go am knöchernen Kinn in der Median- Sagittalebene |
| Me | Menton, kaudalster Punkt der knöchernen Symphyse in der Median- Sagittalebene |
| Go2 | Goniontangentialpunkt, Berührungspunkt einer Tangente von Me ausgehend an den Unterrand des UK- Körpers |
| Gn | anatomisches Gnathion, Schnittpunkt der Geraden N- Pog mit der Geraden Me- Go, Verbindung des Sellapunktes mit dem entstandenen Schnittpunkt, der Schnittpunkt dieser Verbindungsgeraden mit der Außenfläche des knöchernen Kinns ist das anatomische Gnathion. |

Darstellung der zu vermessenden Winkel und Strecken

Folgende Winkel (in Grad) und Strecken (in mm) wurden aus den oben genannten und eingezeichneten Punkten konstruiert und ausgewertet:

Vertikale Analyse:

ML-NSL, NSGn, ArGoMe, NGoMe

Sagittale Analyse:

SNA, SNB, ANB, WITS

Dentale Analyse Inklination und Position:

OK1NA, UK1NB

Weichteilprofil-Analyse

Bei allen untersuchten Patienten wurden die in Tabelle 3 definierten Weichteilpunkte auf dem Fernröntgenseitenbild eingezeichnet (Abb. 7 und 8).

Um die Lage und Veränderungen der Weichteilpunkte vergleichen und interpretieren zu können, wurde die Frankfurter Horizontale genutzt.

Sie ist die Linie, die durch den tiefstgelegenen Punkt des Unterrandes der Orbita und durch den höchsten Punkt des äußeren knöchernen Gehörgangs (Porus acusticus externus, Porion) im menschlichen Schädel verläuft.

Eine Senkrechte zur Frankfurter Horizontalen verläuft durch das Subnasale.

Das ist die True Vertical Line (TVL).

Um die Lage der Weichteilpunkte messen zu können, wurde der Abstand der Punkte zur TVL in Millimeter (mm) gemessen.

Berechnung der natürlichen Größe

Die Röntgenbilder haben einen Vergrößerungsfaktor. Dieser variiert je nach Hersteller und Röntgengerätetyp. Deshalb wurden die ermittelten Werte der Strecken nach den jeweiligen Herstellerangaben (Vergrößerungsfaktoren 1,08 und 1,30) anhand des Dreisatzes in Lebensgröße umgerechnet. Die Bezeichnung der umgerechneten Werte lautet „lg“ für Lebensgröße.

Durch die Weichteilprofilanalyse konnten dentoskelettale Faktoren, wie die Stellung der oberen und unteren Schneidezähne, die Lage von B' und POG' für das Gesichtsprofil untersucht werden.

Eine weitere Hilfslinie ist die Esthetic Line (EL). Auch die Esthetic Line beschreibt das Weichteilprofil und die Harmonie. Sie verläuft von der Nasen- zur Kinnschneise. Beim Erwachsenen sollten die Lippen hinter der Esthetic Line (EL) liegen, die Unterlippe (LLA) soll etwas weiter anterior liegen im Vergleich zur Oberlippe (ULA) und zur Bezugslinie EL. Mit der TVL und der EL konnte ein Winkel (in Grad) gebildet werden, aus dem durch Verkleinerung oder Vergrößerung Rückschlüsse über das Ausmaß der Lageänderung des Unterkiefers erfolgen kann.

Die Weichteilpunkte auf dem Fernröntgenseitenbild wurden in Abbildung 7 und 8 eingezeichnet. Desweiteren wurden der Winkel TVL-EL und die Gesichtshöhe des unteren Gesichtsanteils vermessen.

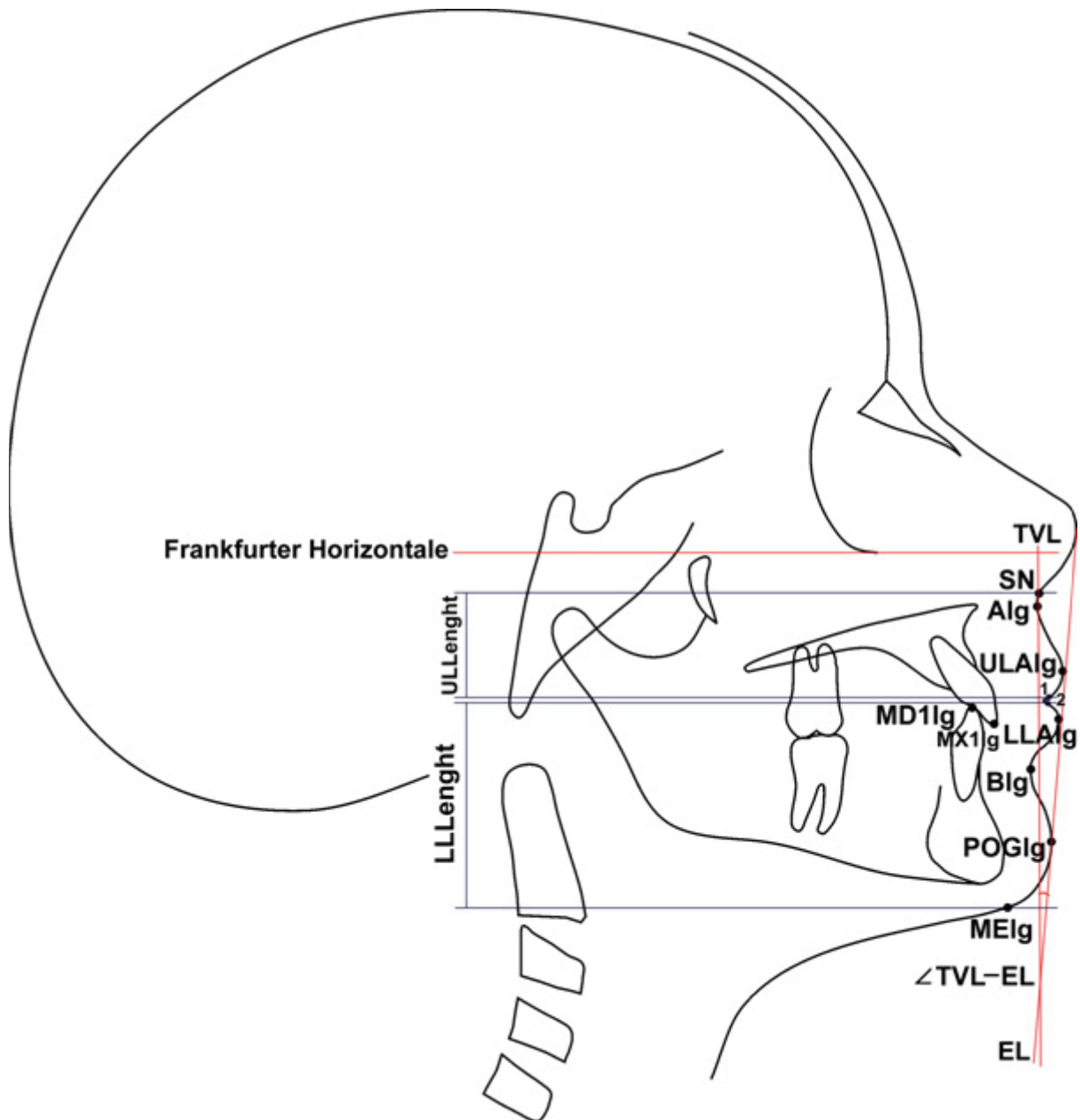


Abbildung 7: Zur Untersuchung eingegebene Weichteilprofilpunkte und deren Abstand zur True Vertical Line (TVL), der Winkel TVL-EL und die Gesichtshöhen ULLenght und LLLenght. Die Profilverpunkte sind in der Tabelle 3 aufgelistet und erklärt.

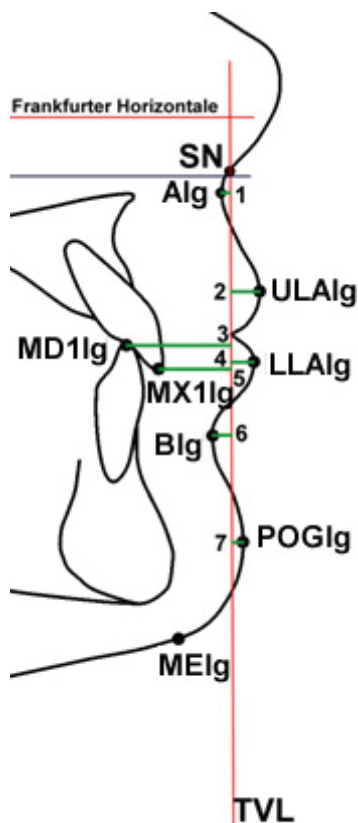


Abbildung 8: Vergrößerte Darstellung des Weichteilprofils mit den Weichteilpunkten und deren Abstände zur TVLinie

Folgende Strecken wurden auf den auszuwertenden Fernröntgenseitenbildern vermessen:

- 1 – Strecke von Weichteilpunkt Alg zur True Vertical Line (TVL)
- 2 – Strecke von Oberlippenpunkt (ULAlg) zur True Vertical Line (TVL)
- 3 – Strecke von Inzisalkante unterer Schneidezahn (MD1lg) zur True Vertical Line (TVL)
- 4 – Strecke von Unterlippenpunkt (LLAlg) zur True Vertical Line (TVL)
- 5 – Strecke von Inzisalkante oberer Schneidezahn (MX1lg) zur True Vertical Line (TVL)
- 6 – Strecke von Weichteilpunkt Blg zur True Vertical Line (TVL)
- 7 – Strecke von Weichteilpunkt Pogonion (POGlg) zur True Vertical Line (TVL)

Die sich ergebenden Werte wurden bei T1, T2 und T3 in Millimetern (mm) erfasst und verglichen.

Definition der verwendeten Weichteilpunkte

In der vorliegenden Arbeit sind folgende Punkte zur Untersuchung benutzt worden:

Tabelle 3: Verwendete Punkte für die Weichteilprofilanalyse, welche auf der Durchzeichenfolie wie Abbildung 7 eingezeichnet wurden.

| | |
|----------|--|
| Alg | Weichteil A-Punkt |
| ULAlg | UpperLipAnterior (anteriorster Weichteilpunkt der Oberlippe) |
| MX1lg | Inzisalkante OK Schneidezähne |
| MD1lg | Inzisalkante UK Schneidezähne |
| LLAlg | LowerLipAnterior (anteriorster Weichteilpunkt der Unterlippe) |
| Blg | Weichteil B-Punkt |
| POGl | Weichteil Pogonion |
| TVL | True Vertical Line, steht in einer senkrechten zur Frankfurter Horizontalen und verläuft durch den Subnasal Punkt (Sn) |
| EL | Esthetic Line, Linie, die von der Nasenspitze zur Kinnspitze verläuft |
| TVL-EL | Winkel, gebildet aus der TrueVertical-Line und der Esthetic Line |
| ULLenght | UpperLipLenght (vertikaler Höhe Subnasal Punkt zu ULI) |
| LLLenght | LowerLipLenght (vertikaler Höhe Menton' Punkt zu LLS) |
| MElg | Weichteil Menton |
| 1 | UpperLipInferior (ULI) – inferiorster Punkt der Oberlippe |
| 2 | LowerLipSuperior (LLS) – superiorster Punkt der Unterlippe |

Tensoranalyse

Für die Tensoranalyse wurden die in Abbildung 9 dargestellten Punkte auf den eingescannten Röntgenbildern gesetzt.

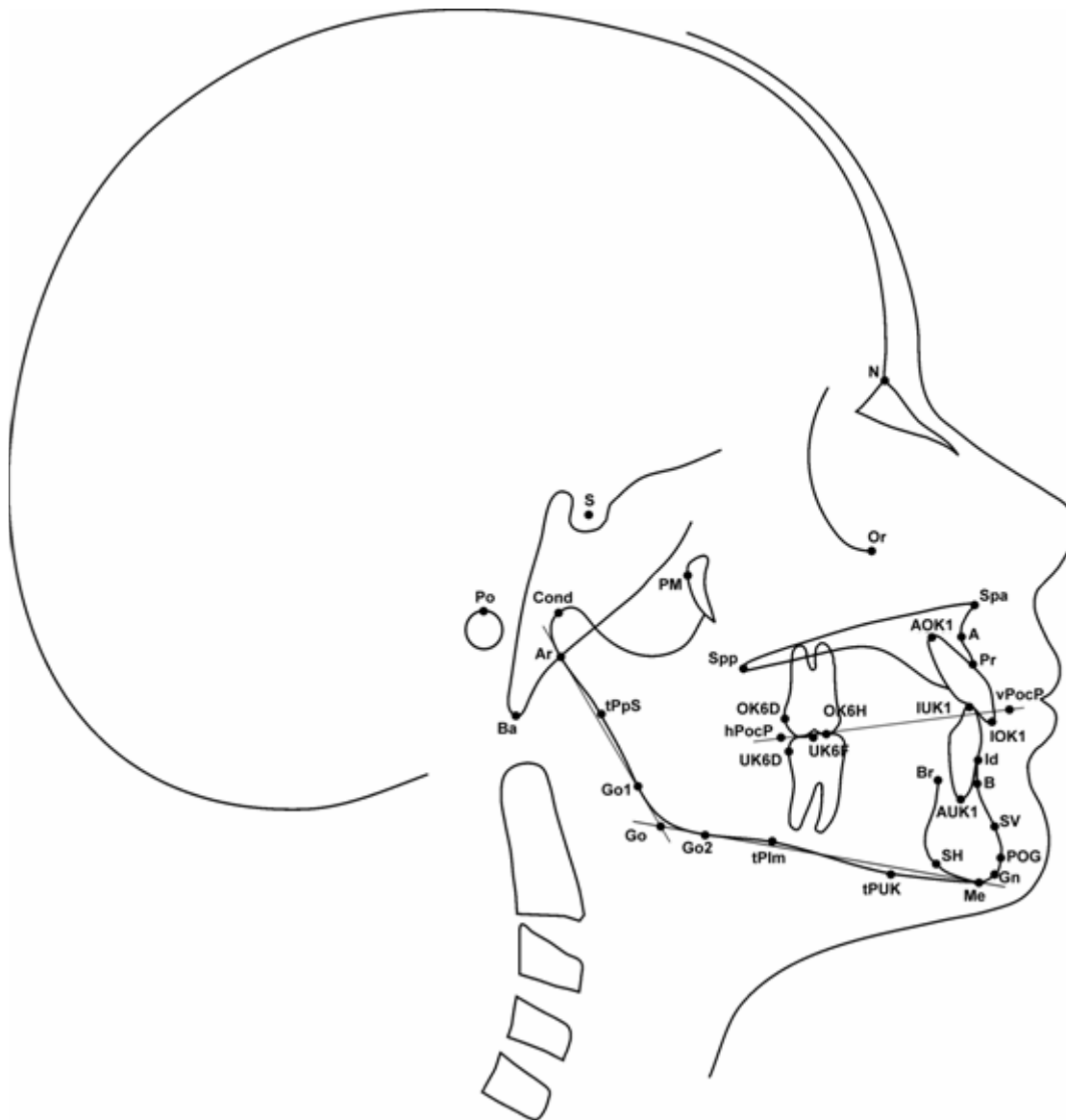


Abbildung 9: Zur Digitalisierung eingegebene Punkte für die Tensoranalyse. Die Definition der verwendeten Punkte erfolgt in der folgenden Auflistung.

Folgende Punkte wurden bei jedem Röntgenbild eingezeichnet und digitalisiert:

| | |
|----|--|
| S | Sellapunkt, geometrischer Mittelpunkt der Fossa hypophysialis in der Median-Sagittalebene |
| N | Nasion, der am weitesten anterior gelegene Punkt der Sutura fronto- nasalis am Übergang vom Os frontale zum Os nasale in der Median- Sagittalebene |
| Po | Porion, oberster Punkt des Porus akustikus externus |

| | |
|-------|--|
| Cond | Condylion, superiorster Punkt des Condylus mandibulae |
| Pm | distalster Punkt der Fossa pterygopalatina |
| Or | Orbitale, tiefster Punkt des Infraorbitalrandes |
| Ba | Basion, unterster posteriorster Punkt des Clivus = anteriorster Punkt des Foramen magnum in der Median- Sagittalebene |
| Ar | Artikulare, ist der röntgenologische Schnittpunkt des Unterrandes des Clivus mit dem Hinterrand des Collum mandibulae |
| Go1 | Goniontangentialpunkt, Berührungspunkt einer Tangente von Articulare ausgehend an die Rückseite des aufsteigenden Astes des Unterkiefers |
| Spp | Spina nasalis posterior, ist ein konstruierter Schnittpunkt des knöchernen Nasenbodens mit der anterioren Wand der Fossa pterygopalatina, der die hintere Begrenzung der Maxilla darstellt |
| hPocP | hinterer Punkt zur Definition des Okklusallplanums |
| OK6D | distalster Punkt der Krone des OK 6er |
| UK6D | distalster Punkt der Krone des UK 6er |
| OK6H | Spitze des mesiovestibulären Höckers des ersten oberen Molaren |
| UK6F | mittlere vestibuläre Querfissur des ersten unteren Molaren |
| AOK1 | Apikalpunkt/ Wurzelspitze des am weitesten anterior stehenden mittleren oberen Schneidezahnes |
| Spa | Spina nasalis anterior, vorderster Punkt der knöchernen Spina nasalis anterior in der Median- Sagittalebene |
| A | A-Punkt |
| Pr | Prosthion, Oberkieferzahnfachrand vestibulär, ist in der Median- Sagittalebene der am weitesten unten liegende Punkt des Alveolarfortsatzes zwischen den mittleren oberen Schneidezähnen |
| IUK1 | Inzision inferius, Inzisalpunkt/ Schneidekante des am weitesten anterior stehenden mittleren unteren Schneidezahnes |
| IOK1 | Inzision superius, Inzisalpunkt/ Schneidekante des am weitesten anterior stehenden mittleren oberen Schneidezahnes |
| Id | Infradentale, Unterkieferzahnfachrand vestibulär, ist in der Median- Sagittalebene der oberste und am weitesten anterior gelegene Punkt zwischen den mittleren unteren Inzisivi |
| B | B-Punkt |

| | |
|------------------|--|
| AUK1 | Apikalpunkt/ Wurzelspitze des am weitesten anterior stehenden mittleren unteren Schneidezahnes |
| Pog | Pogonion, anteriorster Punkt des knöchernen Kinns |
| Me | Menton, kaudalster Punkt der knöchernen Symphyse in der Median-Sagittalebene |
| Go2 | Goniontangentialpunkt, Berührungspunkt einer Tangente von Me ausgehend an den Unterrand des UK- Körpers |
| tPI _m | entspricht dem „antegonial notch“ von Krogmann und Sassouni (1957), Punkt im Bereich der Inzisura masseterica an der inferioren Kontur des Unterkieferkörpers, der am weitesten vom Mandibularplanum Me- Go abweicht |
| tPP _S | tiefster Punkt des Bereiches posterior der Symphyse |
| tPUK | „supragonial notch“, tiefste Einziehung des dorsalen Randes des aufsteigenden Astes, die den größten Abstand zu der von Articulare ausgehenden Ramustangenten aufweist |
| SV | anteriorer Symphysenpunkt, Wendepunkt, an dem die Konkavität der Syphysenvorderseite zwischen B und Pog in die Konvexität übergeht Punkt, um eine Anstiegshilfslinie im Wendepunkt zu konstruieren, die möglichst lange dem Verlauf der Symphysenregion um den Punkt SV herum folgt |
| SH | posteriorer Symphysenpunkt, tangentialer Schnittpunkt der Anstiegshilfslinie des Punktes SV mit der Symphysenrückseite nach deren Parallelverschiebung |
| BR | nach Parallelverschiebung der Geraden Go- Me bis zum Punkt B entstandener Schnittpunkt auf der Symphysenrückseite |
| vPocP | vorderer Punkt zur Definition des Okklusalplanums |
| Gn | anatomisches Gnathion, Schnittpunkt der Geraden N- Pog mit der Geraden Me- Go, Verbindung des Sellapunktes mit dem entstandenen Schnittpunkt, der Schnittpunkt dieser Verbindungsgeraden mit der Außenfläche des knöchernen Kinns ist das anatomische Gnathion. |

Zur Auswertung der Fernröntgenseitenaufnahmen durch die Tensoranalyse wurden folgende Dreiecke (Abbildung 10 und 11) benutzt:

Topografische Gliederung der Dreiecke (Abb. 10 und 11)

- 1. Für die Bestimmung der sagittalen Lagebeziehungen der Maxilla und Mandibula zur Schädelbasis wurden 6 Dreiecke konstruiert (Abb. 10).**

SNA, SSppA, SBaSp, SArSp, SGoN, SNMe

- 2. Um die intermaxillären Lagebeziehungen zu untersuchen, wurden 4 Dreiecke konstruiert.**

SSppGo, SpAB, GoAB, GoAPog

- 3. Um operative Veränderungen im Unterkiefer zu erfassen, erfolgte die Untersuchung durch drei Dreiecke:**

ArGoMe, NMeGo, GoMeB

- 4. Um Einflüsse auf Dentale Strukturen zu messen, wurden 2 Dreiecke konstruiert:**

Sp-OK6D-A, Go-UK6D-B

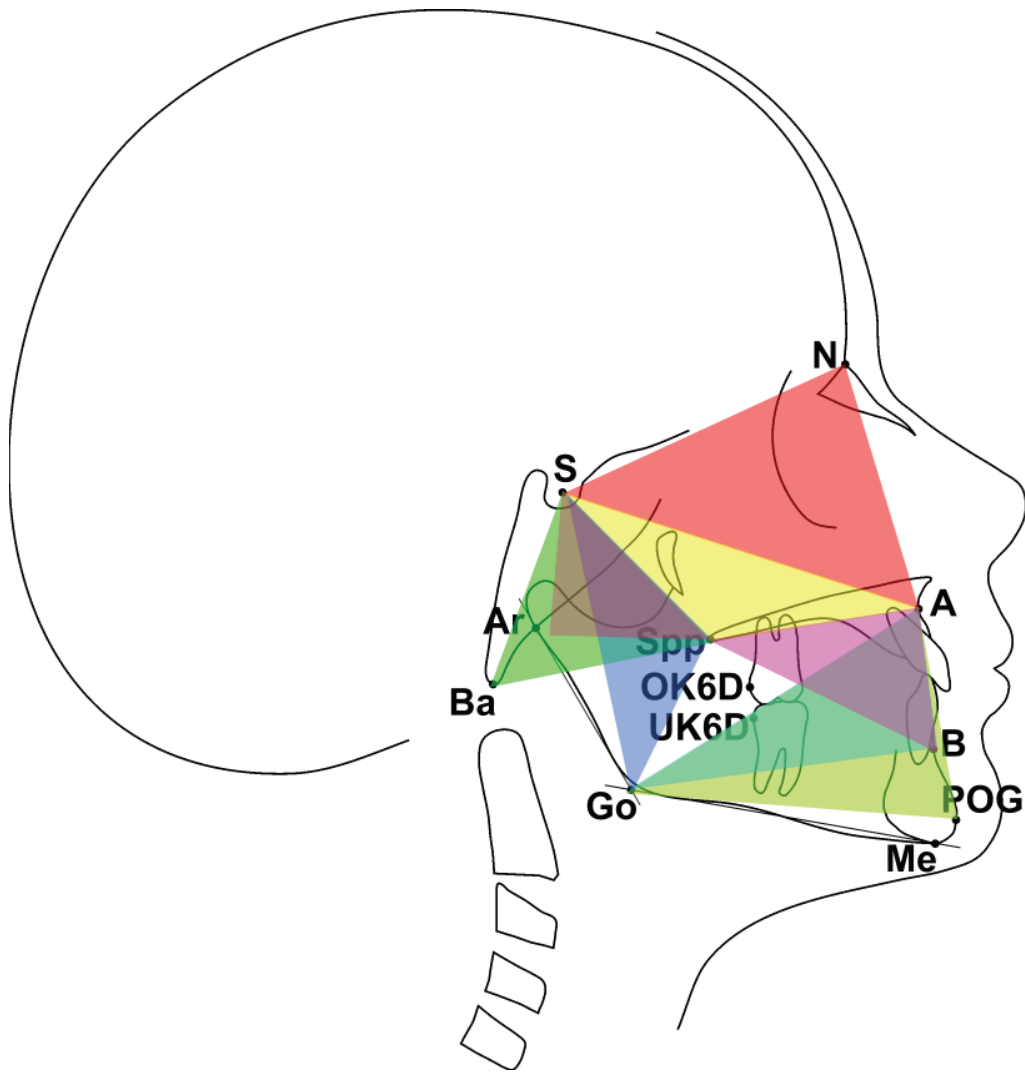


Abbildung 10: Dreiecke für die Tensoranalyse für die Bestimmung der sagittalen Lagebeziehungen der Maxilla und Mandibula zur Schädelbasis (SNA, SSppA, SBaSpA, SArSpA), sowie zur intermaxillären Lagebeziehung (SSppGo, SppAB, GoAB, GoAPog)

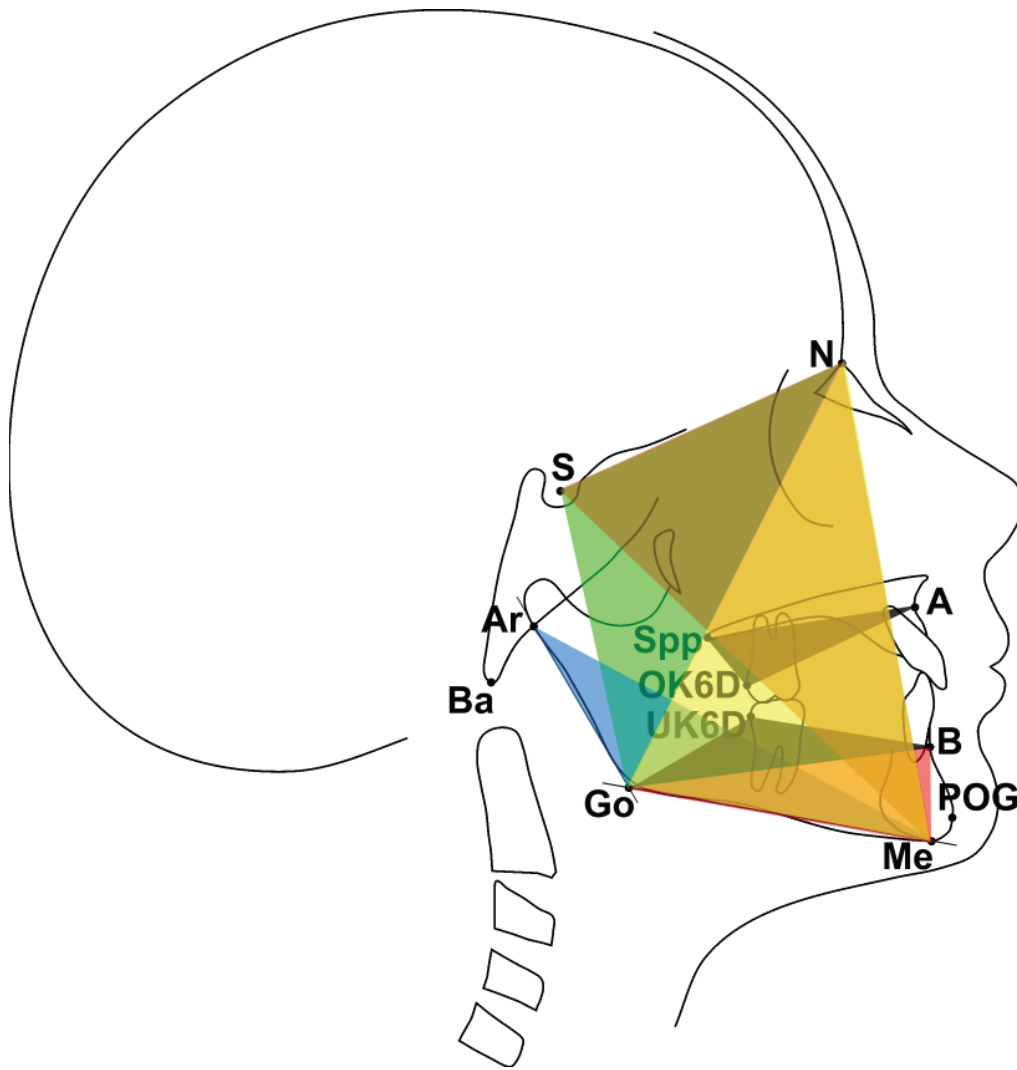


Abbildung 11: Dreiecke für die Tensoranalyse SGoN, SNMe, ArGoMe, NMeGo, GoMeB, Spp-OK6D-A, Go-UK6D-B

3.4. Fehleranalyse und Statistik

Für die Fehleranalyse wurden zehn zufällig ausgewählte Patienten aus beiden Klassen erneut auf 0,003" matter Azetatfolie durchgezeichnet, gepunktet, eingescannt und mit dem ROKA Programm ausgewertet.

Die vom ROKA Programm erhaltenen Werte von der ersten und der zweiten Durchzeichnung wurden dann statistisch miteinander verglichen.

Zur Untersuchung wurde der Intra-Klassen-Korrelationskoeffizient (IKK) Wert jedes Winkels oder jeder Strecke ermittelt.

Ein Wert = 1,0 bedeutet, dass beide Durchzeichnungen sehr genau sind, die eingezeichneten und vermessenen Punkte liegen gleich.

Errechnet wurde der Intra-Klassen-Korrelationskoeffizient (IKK) für alle 3 Zeitpunkte (T1, T2, T3) an zehn zufällig ausgewählten Patienten und nach der Gleichung in Abbildung 12 berechnet.

$$IKK = \frac{st^2 - sd^2}{st^2 + sd^2 + 2/n(nd - sd^2)}$$

Abbildung 12: Errechnung des IKK Wertes, st = Standardabweichung DIFFERENZ eines Winkels/Strecke, sd = Standardabweichung SUMME eines Winkels/Strecke, nd = Mittelwert DIFFERENZ eines Winkels/Strecke, n = Anzahl der Patienten, die für die Fehleranalyse genutzt wurden

Die Ergebnisse der Fehleranalyse zur Individualisierten Kephallometrie in den 3

Zeitabschnitten (T1, T2, T3) der Tabelle 4 zeigen, dass der Intra-Klassen-

Korrelationskoeffizient (IKK) bei allen gemessenen Winkeln und Strecken nicht kleiner als 0,9 war. Viele IKK Werte waren mit >0,99 sehr dicht an dem Wert 1,0. Dies bedeutete, dass die Punkte beim Durchzeichnen der Röntgenbilder sehr ähnlich gesetzt wurden und eine hohe Genauigkeit erreicht wurde.

Das traf auf die IKK-Werte der vertikalen und sagittalen Analysen zu.

Tabelle 4: Methodenfehler Intra-Klassen-Korrelationskoeffizient (IKK) der kephalometrischen Analyse aller drei Zeitpunkte (siehe Seite 38)

| Kephalometrische Variable | Mittelwert | Standardabweichung | IKK |
|----------------------------|------------|--------------------|-------|
| Vertikale Messungen | | | |
| ML-MSLT1° | 76,23 | 14,24 | 0,997 |
| NSGNT1° | 137,87 | 11,8 | 0,998 |
| ArGoMeT1° | 260,51 | 9,33 | 0,992 |
| NGoMeT1° | 159,49 | 8,55 | 0,996 |
| Sagittale Messungen | | | |
| SNAT1° | 156,02 | 6,26 | 0,992 |
| SNBT1° | 158,29 | 12,37 | 0,996 |
| ANBT1° | -2,27 | 11,45 | 0,995 |
| Intermaxillär | | | |
| WITSIgT1 (in mm) | -11,37 | 14,50 | 0,991 |
| Dentale Analyse | | | |
| OK1NAT1° | 39,83 | 13,67 | 0,938 |
| UK1NBT1° | 46,56 | 15,23 | 0,954 |
| OK1NAlgT1 (in mm) | 9,17 | 3,52 | 0,927 |
| UK1NBlgT1 (in mm) | 8,63 | 4,48 | 0,955 |

| | | | |
|----------------------------|--------|-------|-------|
| Vertikale Messungen | | | |
| ML-MSLT2° | 76,06 | 15,84 | 0,996 |
| NSGNT2° | 139,91 | 9,11 | 0,997 |
| ArGoMeT2° | 255,28 | 8,84 | 0,981 |
| NGoMeT2° | 157,47 | 8,75 | 0,994 |
| Sagittale Messungen | | | |
| SNAT2° | 157,05 | 5,84 | 0,974 |
| SNBT2° | 154,67 | 7,32 | 0,994 |
| ANBT2° | 2,38 | 5,95 | 0,983 |
| Intermaxillär | | | |
| WITSIgT2 (in mm) | -4,28 | 4,98 | 0,939 |
| Dentale Analyse | | | |
| OK1NAT2° | 37,55 | 16,62 | 0,991 |
| UK1NBT2° | 41,04 | 18,64 | 0,971 |
| OK1NAlgT2 (in mm) | 6,65 | 7,12 | 0,986 |
| UK1NBlgT2 (in mm) | 7,05 | 5,87 | 0,996 |

| | | | |
|----------------------------|--------|-------|-------|
| Vertikale Messungen | | | |
| ML-MSLT3° | 75,75 | 14,73 | 0,996 |
| NSGNT3° | 138,45 | 9,62 | 0,998 |
| ArGoMeT3° | 257,24 | 9,61 | 0,981 |
| NGoMeT3° | 156,56 | 8,62 | 0,991 |
| Sagittale Messungen | | | |
| SNBT3° | 155,80 | 7,30 | 0,994 |
| ANBT3° | 1,89 | 6,67 | 0,983 |
| Intermaxillär | | | |
| WITSIgT3 (in mm) | -3,98 | 5,58 | 0,934 |
| Dentale Analyse | | | |
| OK1NAT3° | 39,87 | 17,08 | 0,965 |
| UK1NBT3° | 41,52 | 14,38 | 0,929 |
| OK1NAlgT3 (in mm) | 8,86 | 4,34 | 0,901 |
| UK1NBlgT3 (in mm) | 7,16 | 4,18 | 0,991 |

Bei der Dentalen Analyse blieben die Werte darunter. Punkte wie der Apex des Unterkiefer-schneidezahns (UK1), der A- und B-Punkt führen durch erschwerte Lokalisierbarkeit auf den Röntgenbildern zu möglichen Fehlerquellen.

Zu den am schwierigsten zu lokalisierenden Bezugspunkten gehören das Basion und das Orbitale, der A-Punkt, die Spina nasalis anterior und posterior, die 6-Jahr Molaren sowie der Apex Punkt des unteren Schneidezahnes.

Statistik

Um zu prüfen, ob das Behandlungsergebnis bei der Klasse II und Klasse III postoperativ im Zeitraum direkt nach der Operation bis eineinhalb Jahre danach stabil bleibt und bei welcher Anomalie es zu den stärksten Veränderungen kommt, wurden statistische Tests durchgeführt. Für die untersuchten Patienten in der jeweiligen Klasse haben die gewonnenen Messwerte mit oder ohne statistische Signifikanz Gültigkeit. Dabei stellten die Patienten Stichproben einer Grundgesamtheit dar. Um dies zu überprüfen, ob zwei Grundgesamtheiten bezüglich eines Parameters übereinstimmen, wurde eine Nullhypothese (H_0) aufgestellt, $H_0: T1=T2=T3$. Diese wurde mit einem statistischen Test überprüft. Parameter waren die gemessenen Winkel und Strecken der Zeitpunkte T1, T2 und T3.

Sollte keine Übereinstimmung vorliegen und die Nullhypothese durch den Test abgelehnt werden, wird eine Alternativhypothese (H_A) formuliert, $H_A: T1 \neq T2 \neq T3$.

Die Alternativhypothese besagt, dass die in der Stichprobe enthaltenen Werte sich zwischen den einzelnen Zeitpunkten unterscheiden. Für die hier gewonnenen Ergebnisse wurde als statistisches Testverfahren zum Vergleich der Zeitpunkte innerhalb einer Klasse der T-Test als zweiseitige Fragestellung für unverbundene Stichproben gewählt.

Alle Einzelergebnisse wurden in das Statistikprogramm SPSS Version 13 für Windows XP eingegeben.

Die Errechnung der Standardabweichung (σ) erfolgte nach folgender Gleichung

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x\text{-Wert}_1 - \bar{x})^2 + (x\text{-Wert}_2 - \bar{x})^2 \dots}{\text{Anzahl aller x-Werte}}}$$

Bei der Auswertung mit dem Programm SPSS enthält der Ausdruck einen p-Wert. Er gibt die Wahrscheinlichkeit an, mit der sich bei Gültigkeit der Nullhypothese das gefundene oder ein noch extremeres Ergebnis einstellt.

Bei $p < 0,05$ erfolgte der Rangsummentest mit dem Mann-Whitney-Test zur Prüfung, ob Signifikanz vorliegt. Das Signifikanzniveau wurde auf dem 5% Niveau festgelegt ($p < 0,05$).

4. Ergebnisse

4.1. Ergebnisse der metrischen Kephalometrie

4.1.1. Vertikale Analyse Klasse II und Klasse III

Der ML-NSL Winkel (Abbildung 13) beschreibt das Neigungsverhalten des Unterkiefers zur Schädelbasis. Bei den Klasse II Patienten wies der Winkel in der Differenz zwischen T1 und T2 eine signifikante Differenz auf. Auffällig war die hohe Streuung der Werte. Das bedeutet, dass die Probanden in ihrem vertikalen Gesichtsaufbau sehr unterschiedlich waren.

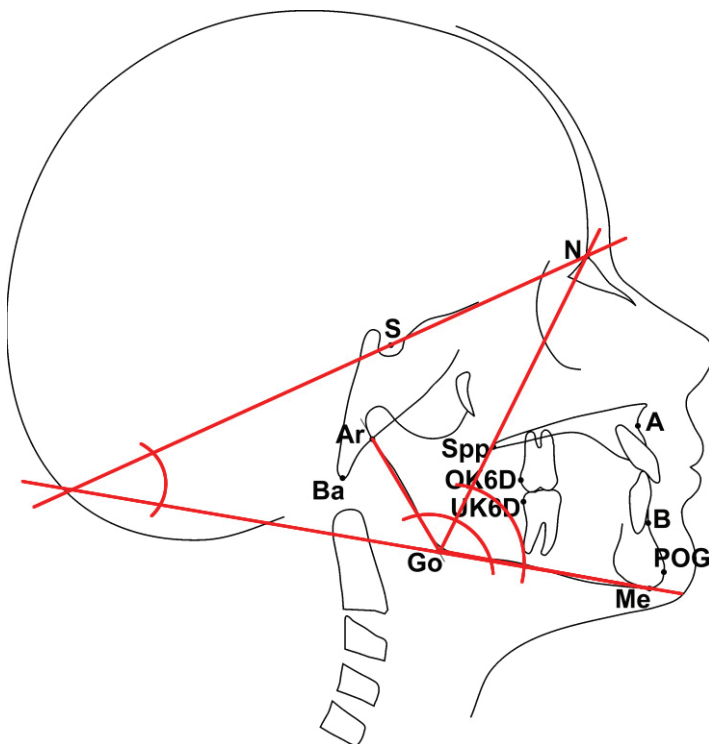


Abbildung 13: Winkel ML-NSL, ArGoMe und NGoMe

Tabelle 5: Vertikale Analyse Klasse II

| | Zeit | \bar{X} | SD | Diff. T1-T2 | Diff. T1-T3 | Diff. T2-T3 |
|---------|------|-----------|------|-------------|-------------|-------------|
| ML-NSL° | T1 | 34,1 | 9,99 | p=0,058 | p=0,033 | p=0,357 |
| | T2 | 35,5 | 8,97 | | | |
| | T3 | 35,7 | 8,94 | | | |
| ArGoMe° | T1 | 121,4 | 9,57 | p=0,013 | p=0,001 | p=0,289 |
| | T2 | 124,6 | 7,09 | | | |
| | T3 | 125,8 | 8,2 | | | |
| NGoMe° | T1 | 73,1 | 9,04 | p=0,021 | p=0,033 | p=0,170 |
| | T2 | 74,9 | 7,5 | | | |
| | T3 | 74,2 | 8,33 | | | |

Tabelle 6: Vertikale Analyse Klasse III

| | Zeit | \bar{X} | SD | Diff. T1-T2 | Diff. T1-T3 | Diff. T2-T3 |
|---------|------|-----------|------|-------------|-------------|-------------|
| ML-NSL° | T1 | 35,1 | 6,45 | p=0,125 | p=0,371 | p=0,512 |
| | T2 | 34,3 | 6,67 | | | |
| | T3 | 34,1 | 7,27 | | | |
| ArGoMe° | T1 | 128,8 | 7,4 | p=0,001 | p=0,001 | p=0,289 |
| | T2 | 123,7 | 7,95 | | | |
| | T3 | 123,6 | 7,51 | | | |
| NGoMe° | T1 | 78,8 | 5,4 | p=0,015 | p=0,003 | p=0,019 |
| | T2 | 77,3 | 5,47 | | | |
| | T3 | 76,2 | 5,7 | | | |

Der Normwert beträgt beim ML-NSL Winkel 32 Grad. Zum Zeitpunkt T1 (Tabelle 5) war er in der Gruppe der Klasse II Probanden mit 34,1 Grad größer, ebenso bei T2 mit 35,5 Grad.

Der Winkel war ein wenig größer geworden im Vergleich von T1 zu T3, was für eine geringe vertikale Veränderung des Winkels von präoperativ bis eineinhalb Jahre postoperativ spricht.

Im Zeitvergleich der Werte von T2 zu T3 kam es zu keiner Veränderung mehr.

Bei Probanden mit der Klasse III lagen keine signifikanten Unterschiede des Winkels ML-NSL (Tabelle 6) vor. Zu allen drei Zeitpunkten waren die Werte größer als der Normwert, bedingt durch eine posteriore Neigung des Unterkiefers, die sich auch bis T3 nicht veränderte. Die Streuung war im Vergleich mit den Klasse II Probanden geringer. Bei beiden Anomalien war die Lage des Unterkiefers zur Schädelbasis durch die Operation nur sehr gering verändert worden.

Der Kieferwinkel ArGoMe beschreibt das vertikale oder horizontale Rotationsverhalten des Unterkiefers.

Statistisch signifikante Differenzen lagen bei beiden Klassen zwischen T1->T2 und T1->T3 vor. Der Normwert des Kieferbasiswinkels beträgt 128 Grad mit großer Streuung.

Der Wert T1 war bei der Klasse II kleiner als zum Zeitpunkt T2 und T3.

Durch die Vorverlagerung des Unterkiefers veränderte sich der Winkel in Richtung des Normwertes. Eineinhalb Jahre postoperativ (T3) war der ArGoMe Winkel mit 125,8 Grad sogar noch etwas größer als direkt nach der Operation (T2).

Die Streuung war bei T1 sehr groß (Tabelle 5) und verringert sich dann leicht bei T2 und T3. Bei der Klasse III entsprach der Winkel bei T1 der Norm (128°) und verringerte sich bei T2 und T3 leicht. Auch hier kam es zu einer stabilen Situation von der Zeit post operationem bis eineinhalb Jahre später (Abbildung 14).

Die Werte von T2 und T3 waren um 5 Grad kleiner als bei T1 und entsprechen einem horizontalen Rotationsmuster (Tab. 6).

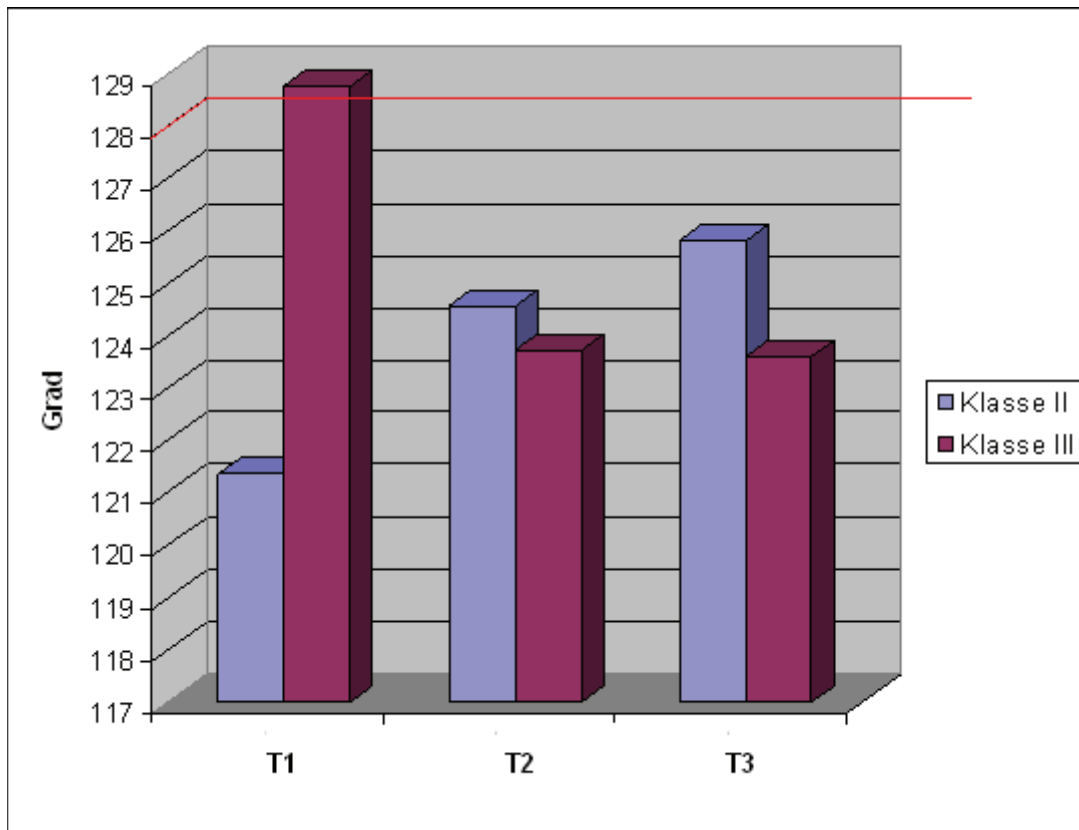


Abbildung 14: Vertikale Analyse, Winkel ArGoMe, Untersuchungsgruppen Klasse II und Klasse III zum Zeitpunkt T1, T2 und T3, Normwert (rote Linie), p-Werte siehe Tab. 5 und 6

Der untere Gonionwinkel NGoMe gibt Informationen über das Rotationsverhalten des operierten Unterkiefers gegenüber dem unveränderten Nasion Punkt.

Der Normwert des NGoMe Winkels von 67 Grad wurde bei der Klasse II bei allen drei Zeitpunkten überschritten (Tab. 5). Ein signifikanter Unterschied war zwischen T1->T2 und T1->T3 vorhanden.

Die Zunahme entsprach einer vertikalen Rotation. Zwischen den Werten der Zeitpunkte T2 und T3 waren die Veränderungen gering und nicht signifikant. Die Streuung war bei T1 sehr groß und verringerte sich dann leicht bei T2 und T3.

Bei der Klasse III (Tabelle 6) waren die Werte ebenfalls größer als der Normwert und deuteten ebenfalls auf eine vertikale Rotation hin.

Die Werte von T1, T2 und T3 unterschieden sich gering, wobei der Wert von T1 mit 78,8 Grad am größten und T3 mit 76,2 Grad am kleinsten war.

Es fand wie bei der Klasse II eineinhalb Jahre post operationem eine Reduzierung der Größe des NGoMe Winkels statt. Wie bei den Winkeln NSGn und ArGoMe bedeutete dies eine leichte Veränderung in Richtung der Norm (Abb. 15).

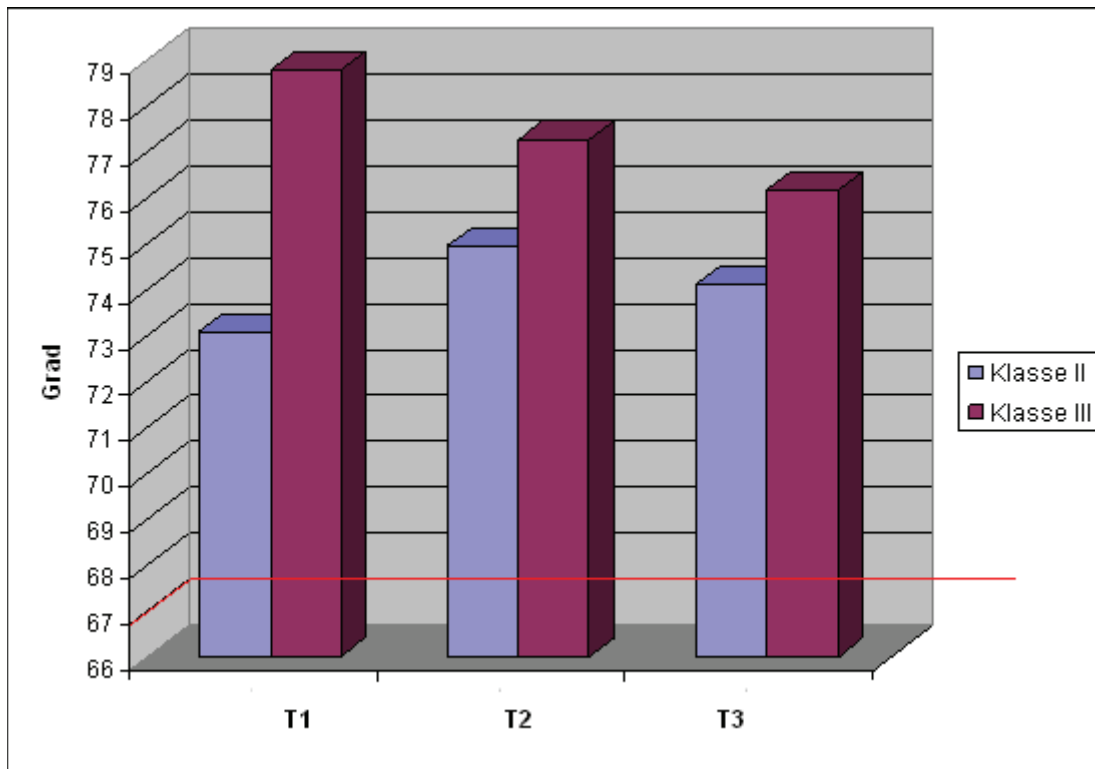


Abbildung 15: Vertikale Analyse, Winkel NGoMe, Untersuchungsgruppen Klasse II und Klasse III zum Zeitpunkt T1, T2 und T3, Normwert (rote Linie), p-Werte siehe Tab. 5 und 6

Zusammenfassung der Ergebnisse der vertikalen Analyse bei Klasse II und Klasse III

Zu Beginn der Therapie (T1) waren bei den Klasse II und III Probanden die Werte des ML-NSL und NGoMe Winkels größer und die des ArGoMe Winkels kleiner als die der Normwerte.

Damit waren bei beiden Untersuchungsgruppen Ähnlichkeiten festzustellen.

Geringe Veränderungen lagen bei den Punkten Gonion und Menton durch die Verschiebung des Unterkiefersegmentes nach anterior bzw. posterior vor, die größten messbaren Differenzen lagen zwischen T1->T2.

Das spricht für stabile Ergebnisse in der Vertikalen zum Zeitpunkt T3.

Unterschiede gab es bei der Streuung. Diese war bei allen drei Winkeln der Gruppe der Klasse II Probanden größer und ist der Verschiedenartigkeit der Probanden geschuldet (Tabelle 5). Eineinhalb Jahre nach der Operation wurden diese Werte etwas kleiner.

Bei der Klasse III waren die Werte der Standardabweichung schon zum Zeitpunkt T1 geringer. Sie stiegen in Richtung T3 leicht an. Durch die Unterkiefferrückverlagerung waren Lageänderungen des Gonion und Menton-Punktes aufgetreten, die diese Abweichungen

erklären. Die Werte der Winkel ML-NSL, ArGoMe und NGoMe verringerten sich geringfügig von Zeitpunkt T1 -> T3 (Tab. 6).

In der vertikalen Analyse kam es prä- und postoperativ beim ML-NSL Winkel zu geringen Veränderungen. Im Unterkiefer kam es bei den Winkeln ArGoMe und NGoMe bei beiden Gruppen zu signifikanten Unterschieden zwischen den Zeitpunkten T1->T2 und T1->T3. Zwischen T2 und T3 waren nur minimale Änderungen eingetreten. Das spricht für ein stabiles Ergebnis bezüglich des vertikalen Gesichtschädelaufbaus bei der Klasse II und der Klasse III.

4.1.2. Sagittale Analyse Klasse II und Klasse III

Veränderungen in der Sagittalen werden charakterisiert durch Verschiebungen des B- und Pogonion-Punktes.

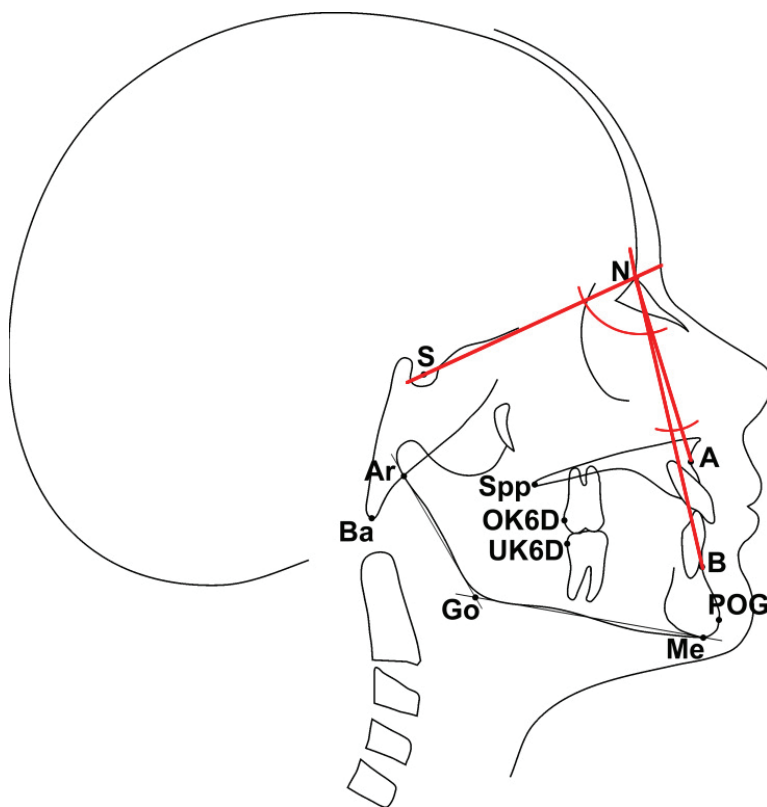


Abbildung 16: Winkel SNB und ANB

Tabelle 7: Sagittale Analyse Klasse II

| | Zeit | \bar{X} | SD | Diff. T1-T2 | Diff. T1-T3 | Diff. T2-T3 |
|-----------|------|-----------|------|-------------|-------------|-------------|
| SNB° | T1 | 73,1 | 3 | $p<0,001$ | $p<0,001$ | $p=0,357$ |
| | T2 | 75,5 | 3,11 | | | |
| | T3 | 75,5 | 3,34 | | | |
| ANB° | T1 | 5,6 | 2,88 | $p<0,001$ | $p<0,001$ | $p=0,244$ |
| | T2 | 3,2 | 2,48 | | | |
| | T3 | 3,5 | 2,42 | | | |
| WITSlg mm | T1 | 5,4 | 3,19 | $p<0,001$ | $p<0,001$ | $p=0,244$ |
| | T2 | 1 | 2,42 | | | |
| | T3 | 1,4 | 2,39 | | | |

Tabelle 8: Sagittale Analyse Klasse III

| | Zeit | \bar{X} | SD | Diff. T1-T2 | Diff. T1-T3 | Diff. T2-T3 |
|-----------|------|-----------|------|-------------|-------------|-------------|
| SNB° | T1 | 83,2 | 3,64 | $p<0,001$ | $p<0,001$ | $p=0,014$ |
| | T2 | 79,7 | 3,27 | | | |
| | T3 | 80,4 | 3,44 | | | |
| ANB° | T1 | -3,5 | 3,61 | $p<0,001$ | $p<0,001$ | $p=0,017$ |
| | T2 | 0,4 | 2,8 | | | |
| | T3 | -0,4 | 2,49 | | | |
| WITSlg mm | T1 | -9,5 | 4,57 | $p<0,001$ | $p<0,001$ | $p=0,218$ |
| | T2 | -3 | 3,94 | | | |
| | T3 | -3,3 | 2,59 | | | |

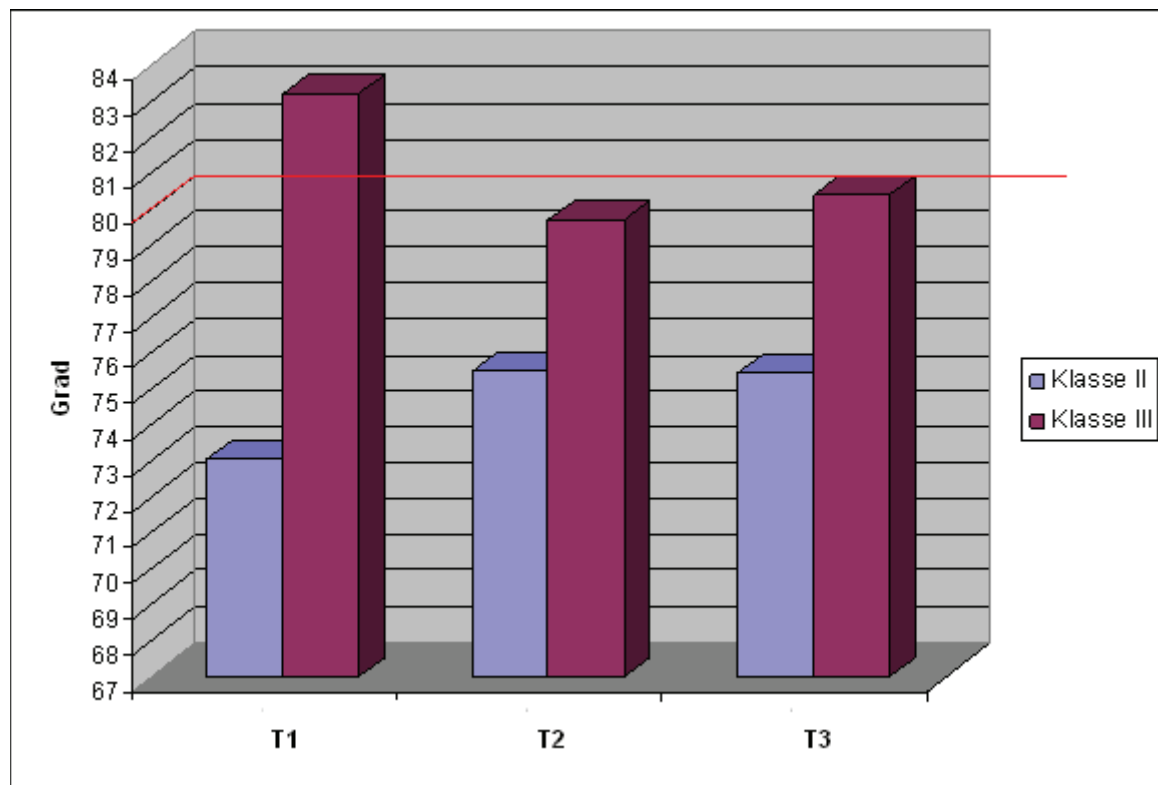


Abbildung 17: Sagittale Analyse, Winkel SNB, Untersuchungsgruppen Klasse II und Klasse III zum Zeitpunkt T1, T2 und T3, Normwert (rote Linie), p-Werte siehe Tab. 7 und 8

Dies zeigte sich bei den untersuchten Winkeln (Abbildung 16) und Strecken (Abbildung 19). Der Normwert des SNB Winkels beträgt 80 Grad. Er war bei der Klasse II zu allen drei Zeitpunkten kleiner (Tabelle 7), was einer Retroposition der Mandibula entsprach. Durch die Vorverlagerung vergrößerte sich der Wert bei T2 um 2 Grad und blieb auch nach eineinhalb Jahren bei T3 stabil (Abb. 17).

Bei der Klasse III zum Zeitpunkt T1 (Tabelle 8) war der SNB Winkel mit 83,2 Grad größer als der Normwert von 80 Grad und entsprechend der Anteposition der Mandibula. Nach der Operation hatte der Winkel den Normwert erreicht.

Alle drei Wertepaare wiesen eine signifikante Differenz auf.

Die Streuung blieb bei beiden Klassen konstant und war im Vergleich mit den Werten der vertikalen Analyse kleiner (Tab. 5 und 6).

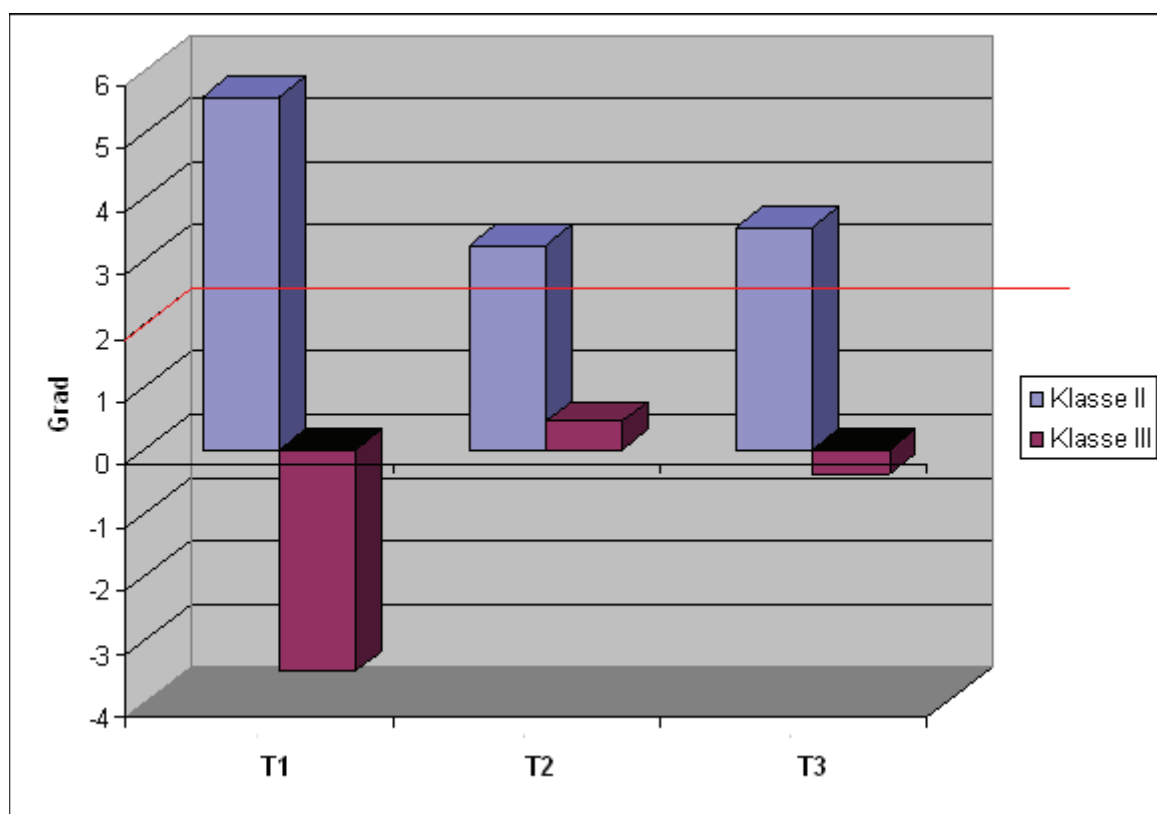


Abbildung 18: Sagittale Analyse, Winkel ANB, Untersuchungsgruppen Klasse II und Klasse III zum Zeitpunkt T1, T2 und T3, Normwert (rote Linie), p-Werte siehe Tab. 7 und 8

Der Normwert des ANB Winkels betrug bei neutralem Rotationsmuster zwei Grad. Erwartungsgemäß war der Wert zum Zeitpunkt T1 bei den Patienten der Klasse II größer

(Abbildung 18). Durch die Operation erfuhr der ANB Winkel eine Veränderung in Richtung Norm. Bei T3 war eine minimale Reduktion des Operationsniveaus zu erkennen.

Wie auch beim SNB Winkel waren operationsbedingte Veränderungen zwischen T1->T2 vorhanden.

Beim ANB Winkel der Klasse III war der Wert kleiner als der Normwert (Tab. 8, Abb. 18). Er betrug $-3,5^\circ$ bei T1.

Der Wert von Zeitpunkt T2 war mit $0,4^\circ$ positiv, bei T3 hatte der Winkel mit $-0,4^\circ$ ein geringes Rezidiv erfahren.

Bei den Patienten der Klasse III war die Streuung größer als bei der Klasse II.

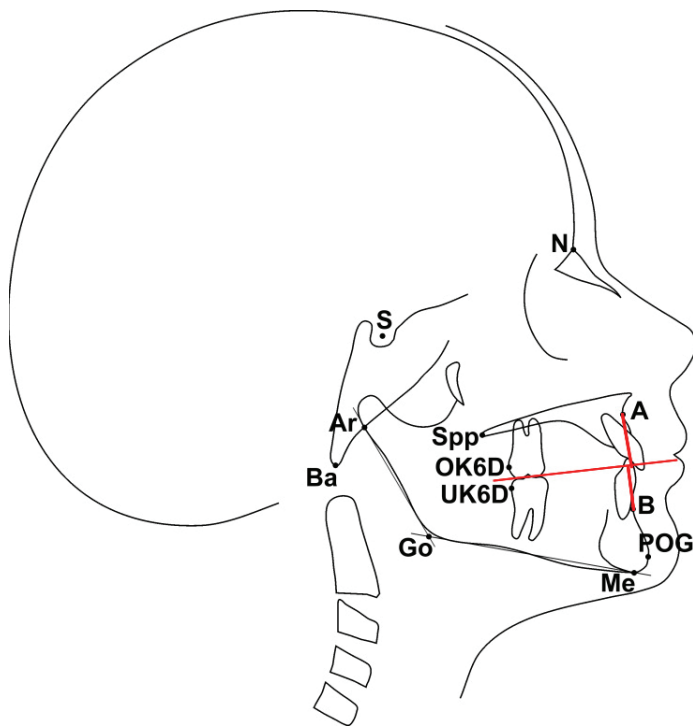


Abbildung 19: Der WITS-Wert in mm

Zum Zeitpunkt T1 betrug der WITS Wert bei der Klasse II 5,4mm. Zum Zeitpunkt T2 war der Wert normgerecht mit 1mm und bei T3 war der Wert mit 1,4mm nur geringfügig verändert.

Auch die geringere Streuung wies die Stabilität der operativen Veränderungen aus (Tab. 7).

Bei der Klasse III lag der WITS Wert bei T1 mit -9,5mm (Tabelle 8) vor.

Durch die operative Rückverlagerung veränderten sich die Werte bei T2 auf -3mm. Bei T3 war der Wert mit -3,3mm nur wenig verändert.

Die Streuungswerte verbesserten sich bei beiden Untersuchungsgruppen von T1 -> T3.

Zusammenfassung der Ergebnisse der sagittalen Analyse Klasse II und Klasse III

In der sagittalen Analyse lagen präoperativ zum Zeitpunkt T1 bei beiden untersuchten Gruppen Werte vor, welche als skelettale Klasse II oder III definiert werden können. Bei der Klasse II lag der B-Punkt präoperativ weiter posterior, dadurch zeigten sich bei T1 Werte, welche größer waren als die Normwerte.

Die Werte des SNB- und ANB Winkels und auch des WITS Wertes bei der Klasse II verbesserten sich postoperativ (T2) in Richtung Norm und zeigten auch nach eineinhalb Jahren (T3) nur sehr geringe Veränderungen (p-Werte S. 47).

Bei der Klasse III lagen durch die stark anteriore Lage des B-Punktes zum Zeitpunkt T1 kleinere und negative Werte vor.

Bei T2 kam es postoperativ durch die chirurgische Korrektur zu Verbesserungen der Werte, allerdings weniger ausgeprägt und stabil als bei den Klasse II Probanden. Der B-Punkt (Winkel SNB und ANB) unterlag zwischen den Zeitpunkten T2 -> T3 einer statistisch signifikanten Lageänderung. Das bedeutete, dass die postoperativen Werte nach eineinhalb Jahren ein leichtes Rezidiv aufwiesen.

Damit zeigte sich das postoperative Ergebnis der Klasse III instabiler als das der Klasse II. Der Vergleich der Streuung (Tab. 7 und 8) fiel bei der Klasse II geringer aus als bei der Klasse III.

Individueller Vergleich des ML-NSL Winkels und SNB Winkels aller Probanden der Klasse II und Klasse III

Ein Vergleich der vertikalen (ML-NSL Winkel) und sagittalen (SNB Winkel) Werte der Klasse II Patienten zeigte eine unterschiedlich stark ausgeprägte Streuung.

Das bedeutet, dass sie einen unterschiedlichen vertikalen Gesichtsaufbau hatten.

Die Streuungswerte des ML-NSL Winkels waren bei allen drei Zeitpunkten höher (Tab. 5) als beim SNB Winkel (Tab. 7).

Um einen Vergleich der beiden Winkel innerhalb einer Gruppe zu ermöglichen, wurden alle Patientenwerte der Klasse II und III grafisch in Diagramme eingezeichnet. Die Darstellung jedes einzelnen Patienten beider Klassen erfolgte in Relation zum Gruppenmittelwert vom Zeitpunkt T1 (rote Linie). Die Werte, die über dem Mittelwert lagen, sind hellblau, die unterhalb lila gefärbt. Dadurch konnte untersucht werden, ob hohe vertikale und sagittale

Abweichungen um den Gruppenmittelwert bei denselben Patienten zu unterschiedlichen Zeitpunkten vorlagen.

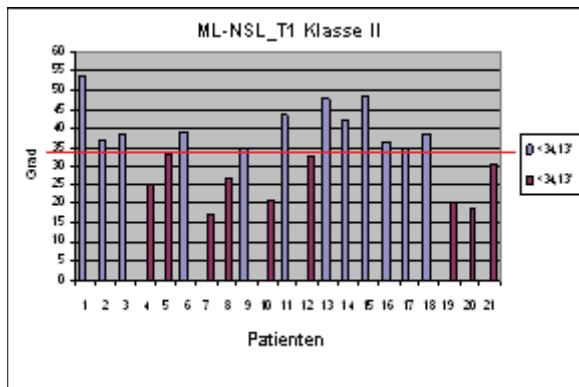


Abb. 20: Patienten Klasse II, Winkel ML-NSL T1, die rote Linie stellt den Mittelwert von T1 (34,13°) dar.

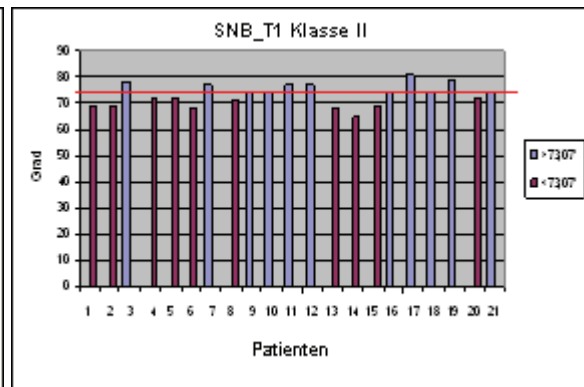


Abbildung 21: Patienten Klasse II, Winkel SNB T1, die rote Linie stellt den Mittelwert von T1 (73,07°) dar.

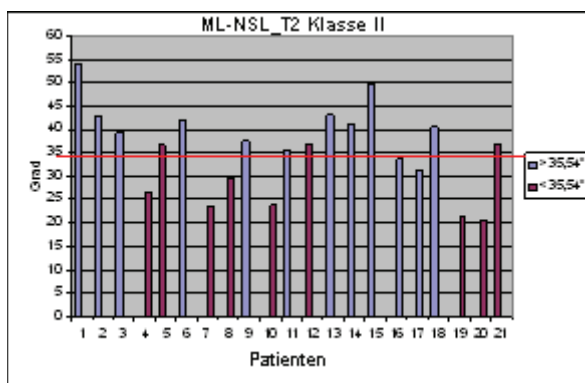


Abb. 22: Patienten Klasse II, Winkel ML-NSL T2, die rote Linie stellt den Mittelwert von T1 (34,13°) dar.

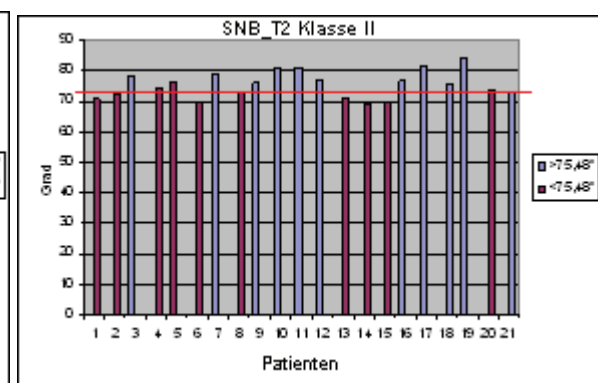


Abbildung 23: Patienten Klasse II, Winkel SNB T2, die rote Linie stellt den Mittelwert von T1 (73,07°) dar.

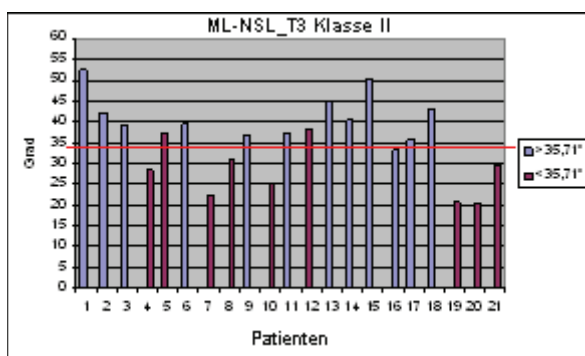


Abb. 24: Patienten Klasse II, Winkel ML-NSL T3, die rote Linie stellt den Mittelwert von T1 (34,13°) dar.

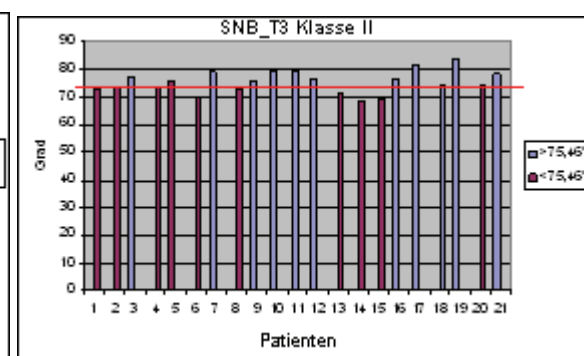


Abbildung 25: Patienten Klasse II, Winkel SNB T3, die rote Linie stellt den Mittelwert von T1 (73,07°) dar.

Neben Patienten der Untersuchungsgruppe Klasse II mit geringfügigen Abweichungen vom Mittelwert in vertikaler und horizontaler Richtung hatten sieben Patienten (1, 6, 11, 13, 14, 15, 18) einen ML-NSL Winkel, der deutlich eine vertikale posteriore Rotation aufwies. Sie verstärkte sich bei den Patienten 1 und 6 zum Zeitpunkt T2 (Abbildung 22). Bei T3 (Abbildung 24) kam es bei zwei Patienten (13, 18) zum weiteren Anstieg des Winkels.

Bei sechs Patienten (4, 7, 8, 10, 19, 20) wiesen die Werte bei T1 eine extrem anterior horizontale Rotation auf (Abb. 20). Die Daten veränderten sich geringfügig zum Zeitpunkt T2 (Abbildung 22) und T3 (Abbildung 24).

Diese Tendenz entsprach den Durchschnittswerten der Gesamtgruppe aller 3 Zeitpunkte. Diese stiegen leicht von $34,1^\circ$ (T1) über $35,5^\circ$ (T2) auf $35,7^\circ$ (T3) an.

Eine genauere Untersuchung der drei Patienten mit den vertikalsten (1, 13, 15) und drei mit den horizontalsten (7, 19, 20) Werten zeigt die Tabelle 9. Bei den Patienten mit den vertikalsten Werten war der Winkel mit $49,7^\circ$ viel größer als der Normwert und änderte sich postoperativ wenig. Bei den Patienten mit den horizontalsten Werten war es ähnlich, bei allen drei Zeitpunkten waren die Werte klein und änderten sich nicht.

Damit entsprachen diese Patienten der Tendenz der Gesamtgruppe (Abb. 20, 22 und 24), dass es prä- und postoperativ nur sehr geringe Veränderungen dieser Parameter gab und verfälschen damit die Aussage für die Untersuchungsgruppe Klasse II nicht.

Tabelle 9: ML-NSL Winkel von jeweils 3 Klasse II Patienten mit den am stärksten vertikal (1, 13, 15) und am stärksten horizontalen (7, 19, 20) Werten

| | Zeit | \bar{X} | SD |
|-----------------------------|-------------|-----------------------------|-----------|
| ML-NSL° stark vertikal | T1 | 49,7 | 4,22 |
| | T2 | 48,9 | 7,76 |
| | T3 | 49,4 | 5,53 |
| ML-NSL° stark horizontal | T1 | 21,4 | 4,53 |
| | T2 | 21,9 | 4,79 |
| | T3 | 21,3 | 7,36 |

Durch die geringe Neigung der Schädelbasis haben die Patienten mit einem großen ML-NSL Winkel einen kleineren SNB Winkel. Auffällig war (Abbildung 21) die geringe Abweichung der Werte um den Gruppenmittelwert im Gegensatz zum ML-NSL Winkel (Abbildung 20).

Die Patienten 3, 7, 11, 12, 17 und 19 lagen im Normbereich und über dem T1-Gruppen-Durchschnittswert von 73.07°. Bei T2 und T3 (Abb. 23 und 25) verbesserten sich die Werte in Richtung 80°.

Die Tabelle 10 zeigt die drei Patienten mit den stark anterioren (3, 17, 19) und die drei mit den stark posterioren (6, 13, 14) Werten in der Sagittalen. Es lag eine geringe Streuung um den Mittelwert bei T1 vor, welche sich bei T2 und T3 vergrößerte. Bei den Patienten mit den posteriorsten Winkeln war die Streuung bei allen drei Zeitpunkten annähernd gleich klein und es kam durch die operative Vorverlagerung des B-Punktes zu einem Anstieg der Werte um 3° von T1 über T2 zu T3. Die Mittelwerte der Gesamtgruppe in den Abbildungen 21, 23, und 25 stiegen ähnlich wie die anterioren Werte in Tabelle 10 an.

Tabelle 10: SNB Winkel von jeweils 3 Klasse II Patienten mit den am stärksten anterior (3, 17, 19) und am stärksten posterioren (6, 13, 14) Werten

| | Zeit | \bar{X} | SD |
|-------------------------|-------------|-----------------------------|-----------|
| SNB° anterior | T1 | 79,2 | 1,88 |
| | T2 | 81,4 | 3,58 |
| | T3 | 80,8 | 4,03 |
| SNB° stark posterior | T1 | 67,2 | 1,67 |
| | T2 | 70 | 1,48 |
| | T3 | 70,2 | 1,80 |

Durch die Vorverlagerung des B-Punktes kam es sagittal bei den Werten von T1, T2 und T3 (Abb. 21, 23, 25) zur Verbesserung um 2,5°. Auch in der Tabelle 10 ist der leichte Anstieg um 1,5° bei den Werten der Patienten mit dem anterioren Rotationsmuster ersichtlich. Das Ergebnis eineinhalb Jahre nach der Operation ist als stabil zu bewerten, da statistisch kein signifikanter Unterschied zwischen T2 und T3 vorlag (Tab. 7).

Ein Vergleich in der Untersuchungsgruppe Klasse III der vertikalen und sagittalen Werte der Klasse III Patienten (Abb. 26-31) zeigte ähnlich wie bei der Klasse II beim ML-NSL Winkel vertikal stärkere Abweichungen um den Gruppenmittelwert. In der Sagittalen (SNB Winkel) waren geringere Abweichungen vorhanden. Die Mittelwerte lagen bei T2 und T3 leicht unter dem des Zeitpunktes T1 der Klasse III.

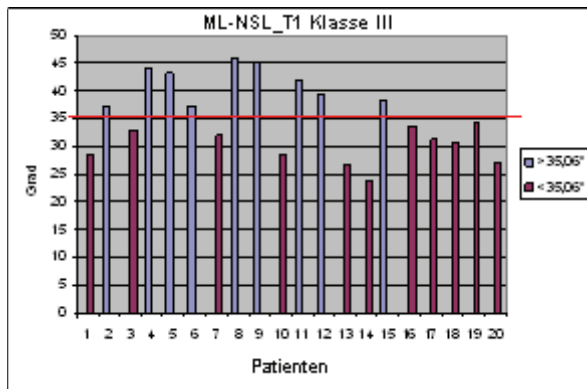


Abb. 26: Patienten Klasse III, Winkel ML-NSL T1, die rote Linie stellt den Mittelwert von T1 (35,06°) dar.

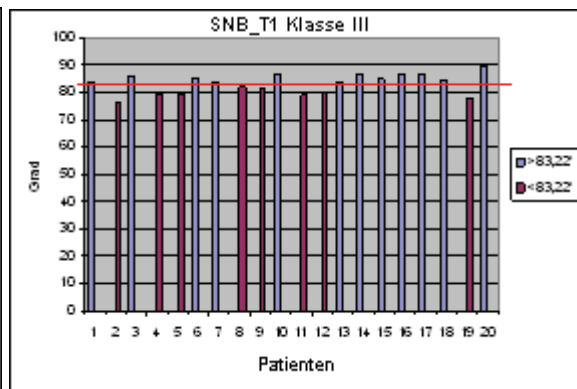


Abbildung 27: Patienten Klasse III, Winkel SNB T1, die rote Linie stellt den Mittelwert von T1 (83,22°) dar.

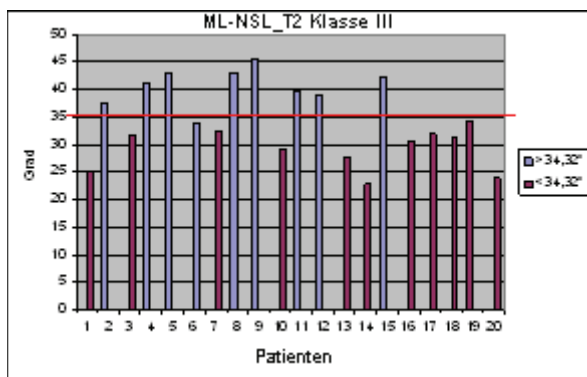


Abb. 28: Patienten Klasse III, Winkel ML-NSL T2, die rote Linie stellt den Mittelwert von T1 (35,06°) dar.

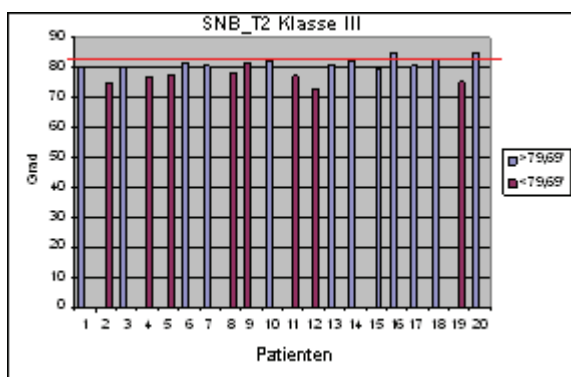


Abbildung 29: Patienten Klasse III, Winkel SNB T2, die rote Linie stellt den Mittelwert von T1 (83,22°) dar.

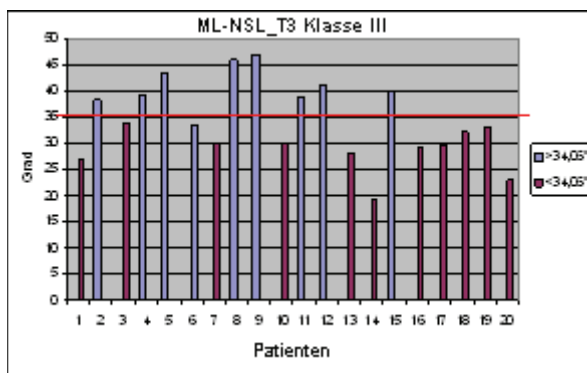


Abb. 30: Patienten Klasse III, Winkel ML-NSL T3, die rote Linie stellt den Mittelwert von T1 (35,06°) dar.

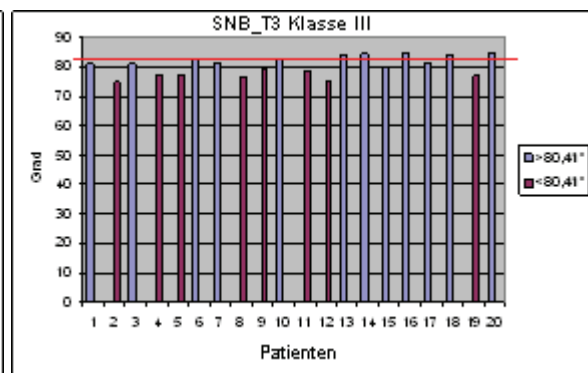


Abbildung 31: Patienten Klasse III, Winkel SNB T3, die rote Linie stellt den Mittelwert von T1 (83,22°) dar.

Die Werte des ML-NSL Winkels wichen bei den Patienten auf Grund der prognen Lage des Unterkiefers weniger stark von den Mittelwerten ab (Tab. 6) als bei der Klasse II (Tab. 5). Die

größte vertikal posteriore Rotation lag bei den Patienten 4, 5, 8, 9, 10, 11 und 15 vor (Abb. 26).

Die Tabelle 11 zeigt drei Patienten (4, 8, 9) mit den vertikalsten Werten zum Zeitpunkt T1.

Diese wiesen eine geringe Streuung auf, welche sich bei T2 leicht und bei T3 stärker erhöhte.

Der Durchschnittswert verbesserte sich nur wenig von 44,9° auf 44° (T3).

Bei den Patienten 3, 7, 10, 14, 17 und 18 lagen die Werte unterhalb des Durchschnittswertes und zeigten eine horizontale Tendenz. Bei T2 (34,3°) und T3 (34,1°) lagen die

Durchschnittswerte nahe dem Normwert von 32° (S. 54).

Bei den drei Patienten mit den am stärksten in Richtung horizontal veränderten Werten (Tab.11) nahm der Winkel ML-NSL von T1 zu T3 weiter um 2,5° ab.

Tabelle 11: ML-NSL Winkel von jeweils 3 Klasse III Patienten mit den am stärksten vertikal (4, 8, 9) und am stärksten horizontalen (13, 14, 20) Werten

| | Zeit | | SD |
|-----------------------------|-------------|------|-----------|
| ML-NSL° stark vertikal | T1 | 44,9 | 1,33 |
| | T2 | 43,3 | 2,62 |
| | T3 | 44 | 5,56 |
| ML-NSL° stark horizontal | T1 | 25,9 | 2,35 |
| | T2 | 24,9 | 3,67 |
| | T3 | 23,4 | 6,19 |

Auch beim SNB Winkel der Klasse III lag eine geringere Abweichung vom Gruppenmittelwert (Abb. 27) vor als beim Winkel ML-NSL, ebenso im Vergleich zum SNB Winkel der Klasse II Patienten. Durch die anteriore Lage des B-Punktes waren die Werte bei T1 (Abbildung 27) bei den Patienten 3, 6, 10, 14, 16, 17 und 20 mit 83,2° geringfügig größer als der Normwert. Nach der Operation (T2, Abb. 29) kam es zu einer Verkleinerung des Winkels (79,7°) in Richtung Norm, welcher beim Zeitpunkt T3 mit 80,4° stabil blieb.

Es trat keine Änderung zwischen den Werten von T2 und T3 auf, dennoch lagen sie höher als der Normwert. Die Streuung nahm von T1 zu T2 zu.

Bei den Patienten mit einem präoperativ größeren SNB Winkel (Tab. 12) wies die Tabelle 8 einen signifikanten Unterschied zwischen den T2 und T3 Werten auf.

Auch die Werte bei den Patienten 2, 8, 12, 19 unterhalb des Durchschnittswertes zeigten eine geringe posteriore Lage des B-Punktes bei T1 (Abbildung 27), welche sich postoperativ nur wenig veränderten, da die Abweichungen um den Mittelwert gering waren und die Werte dicht unter dem Normbereich lagen. Bei den drei Patienten mit den stark posterioren Werten (Tab. 12) kam es nur zu geringfügigen Veränderungen des SNB Winkels.

Die Streuung war beim Zeitpunkt T1 gering, erhöhte sich bei T2 und T3. Die auffälligsten Streuungen kamen bei den Patienten vor, die als stark horizontal eingestuft wurden.

Tabelle 12: SNB Winkel von jeweils 3 Klasse III Patienten mit den am stärksten anterior (10, 17, 20) und am stärksten posterioren (2, 11, 19) Werten

| | Zeit | | SD |
|-------------------------|-------------|------|-----------|
| SNB° stark anterior | T1 | 87,7 | 1,92 |
| | T2 | 82,5 | 7,36 |
| | T3 | 82,9 | 6,78 |
| SNB° stark posterior | T1 | 77,6 | 1,91 |
| | T2 | 75,6 | 3,55 |
| | T3 | 77 | 2,14 |

Bei den Klasse III Patienten kam es sowohl bei den mit in Richtung vertikal und sagittal veränderten Rotationsmuster bei Bezugnahme auf die Gruppenmittelwerte (Abb. 26-31) postoperativ zu Verbesserungen, welche auch eineinhalb Jahre nach der Operation im Normwertbereich lagen und stabil blieben.

Die signifikanten Unterschiede (Tab. 8) des SNB Winkels zwischen T2 und T3 sind nicht gravierend, so dass sie das Gesamtergebnis der Gruppe III nicht wesentlich beeinträchtigen. Das bedeutet, dass in Abhängigkeit vom vertikalen Gesichtsschädelaufbau keine Einschränkungen der Qualität und der Stabilität der Unterkiefer-Lagekorrektur bestehen.

4.1.3. Dentale Analyse Klasse II und Klasse III

Dentale Veränderungen können sich zwischen T1 und T2 nur durch die operationsbedingte Verlagerung ergeben, zwischen T2 und T3 sind skelettale und funktionelle Veränderungen möglich.

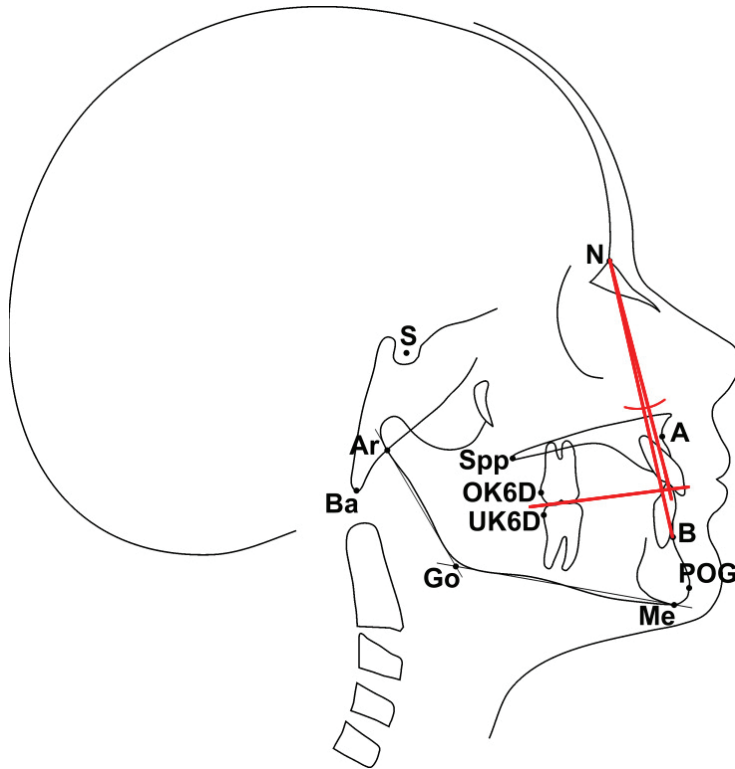


Abbildung 32: UK1NB Winkel und Strecke UK1NBlg

Tabelle 13: Dentale Analyse Klasse II

| | Zeit | \bar{X} | SD | Diff. T1-T2 | Diff. T1-T3 | Diff. T2-T3 |
|------------------|------|-----------|------|----------------|----------------|-------------|
| UK1NB° | T1 | 22,7 | 8,21 | p=0,003 | p=0,011 | p=0,434 |
| | T2 | 26,7 | 6,87 | | | |
| | T3 | 25,9 | 5,74 | | | |
| UK1NBlg in mm | T1 | 4 | 2,71 | p=0,006 | p=0,007 | p=0,590 |
| | T2 | 4,9 | 2,44 | | | |
| | T3 | 5,1 | 2,42 | | | |

Tabelle 14: Dentale Analyse Klasse III

| | Zeit | \bar{X} | SD | Diff. T1-T2 | Diff. T1-T3 | Diff. T2-T3 |
|------------------|------|-----------|------|----------------|-------------|-------------|
| UK1NB° | T1 | 19,7 | 7,29 | p=0,021 | p=0,191 | p=0,093 |
| | T2 | 17,1 | 5,02 | | | |
| | T3 | 18,1 | 4,1 | | | |
| UK1NBlg in mm | T1 | 3,3 | 2,49 | p=0,006 | p=0,073 | p=0,011 |
| | T2 | 2,4 | 1,63 | | | |
| | T3 | 2,8 | 1,56 | | | |

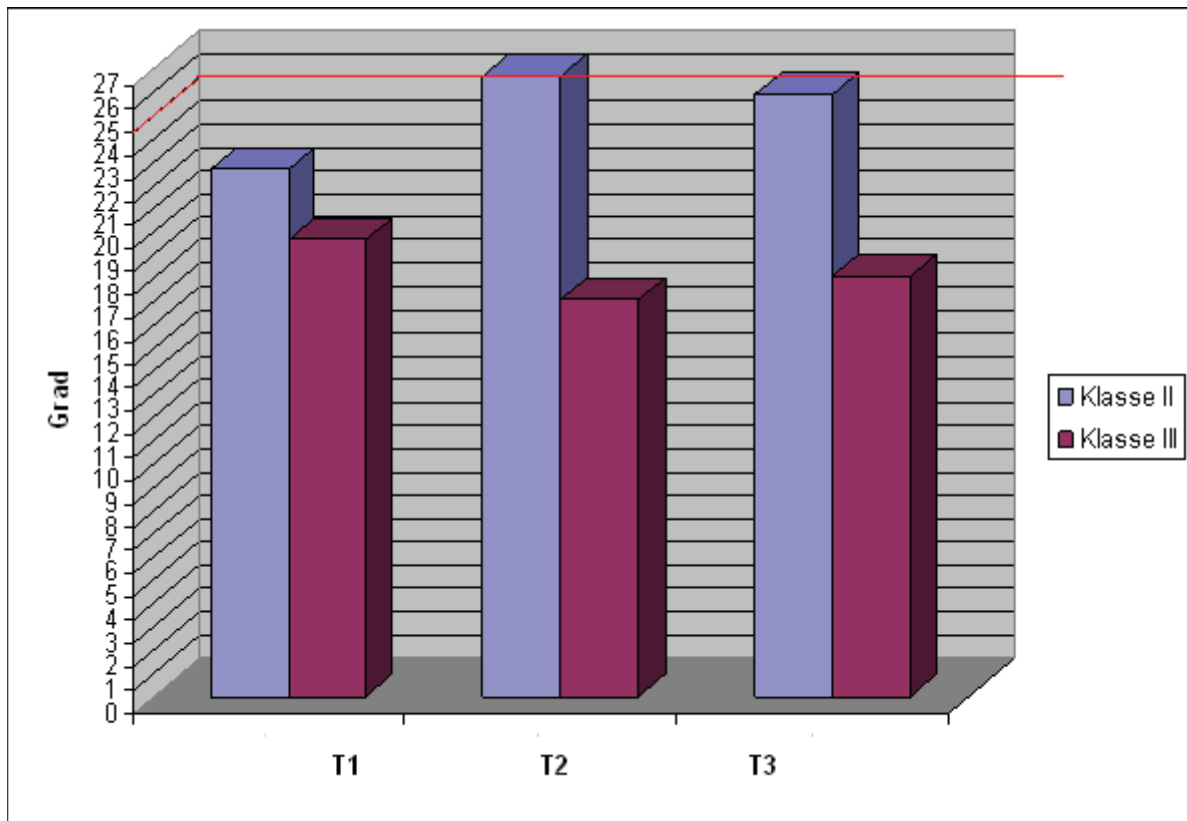


Abbildung 33: Dentale Analyse, Winkel UK1NB, Untersuchungsgruppen Klasse II und Klasse III zum Zeitpunkt T1, T2 und T3, Normwert (rote Linie), p-Werte siehe Tab. 13 und 14

Der Normwert für den Winkel UK1NB beträgt 25 Grad.

Der Wert des Winkels der Klasse II Probanden war zum Zeitpunkt T1 mit 22,7 Grad kleiner (Tabelle 13). Es lag eine große Streuung vor.

Bei T2 (26,7 Grad) waren die Werte größer als bei T1, was nur durch eine mäßige Schwenkung bei der Vorverlagerung des Unterkiefers nach anterior erklärt werden kann. Bei T3 (25,9 Grad) bewegte sich der Wert in Richtung Norm. Die Streuung reduzierte sich und spricht für die Stabilität der neuen Stellung (Abbildung 33). Der Unterschied zwischen T2 und T3 war nicht signifikant.

Bei der Klasse III war der Winkel UK1NB ebenso mit 19,7 Grad kleiner gegenüber dem Normwert von 25 Grad. Das bedeutete, dass präoperativ (T1) eine Retroinklination der Unterkieferschneidezähne vorlag, die sich bei T2 noch verstärkte (17,1 Grad) und sich bei T3 (18,1 Grad) nur wenig änderte.

Die Streuung war bei T1 sehr groß, reduzierte sich aber bei T2 und T3 erheblich (Tabelle 14). Trotz der Operation verstärkte sich die dentale Kompensation.

Bei der Klasse III zeigte sich dasselbe auch beim Wert der Strecke UK1NB_{lg} (Tabelle 14). Der Gruppenmittelwert war bei T1 mit 3,3mm nahe dem Normwert von 4mm. Bei T2 war der Wert am kleinsten (2,4mm), bei T3 ging er wieder in Richtung des Ausgangswertes zum Zeitpunkt T1, was durch die Einstellung der Okklusion bedingt sein konnte.

Bei der Klasse II war der UK1NB_{lg} Wert (Tabelle 13) zum Zeitpunkt T1 regelrecht mit 4 mm, die Werte der Zeitpunkte T2 und T3 waren leicht vergrößert, was einer Anteposition der Unterkiefer Schneidezähne entsprach.

Zusammenfassung der Ergebnisse der dentalen Analyse Klasse II und Klasse III

Dental kam es bei beiden Klassen zu geringen Veränderungen durch die Dysgnathieoperationen.

Zum Zeitpunkt T1 war der Winkel UK1NB bei den Klasse II Probanden kleiner als der Normwert, ähnlich wie beim Winkel SNB in der sagittalen Analyse (Tabelle 7).

Postoperativ verbesserten sich diese Werte und lagen mit 26,7° (T2) und 25,9° (T3) im Normbereich. Auch die SNB Werte veränderten sich in Richtung Norm und blieben bei T3 stabil (Seite 47).

Statistisch signifikant waren bei der Klasse II die Zeitpunkte zwischen T1 zu T2 und T1 zu T3. Die Streuungswerte verbesserten sich von der präoperativen zur postoperativen Situation.

Die Werte der Klasse III waren bei allen 3 Zeitpunkten kleiner als der Normwert. Durch die Unterkiefer Rückverlagerung erfolgte eine Abnahme der Werte. Diese verschlechterten sich leicht beim UK1NB Winkel und der Strecke UK1NB_{lg} von T1 zu T3.

Die Streuungswerte waren bei T3 der Klasse III kleiner als bei der Klasse II.

Dental kam es bei beiden Untersuchungsgruppen postoperativ zu keinen signifikanten Unterschieden (p-Werte, Tabelle 13 und 14).

4.2. Ergebnisse der Weichteilprofilanalyse Klasse II und Klasse III

Das Weichteilprofil bei der Klasse II wird charakterisiert durch einen größeren negativen (posterioren) Abstand der Punkte MD1lg, LLA1g, Blg und POG1g zur TVLine (Abb. 34).

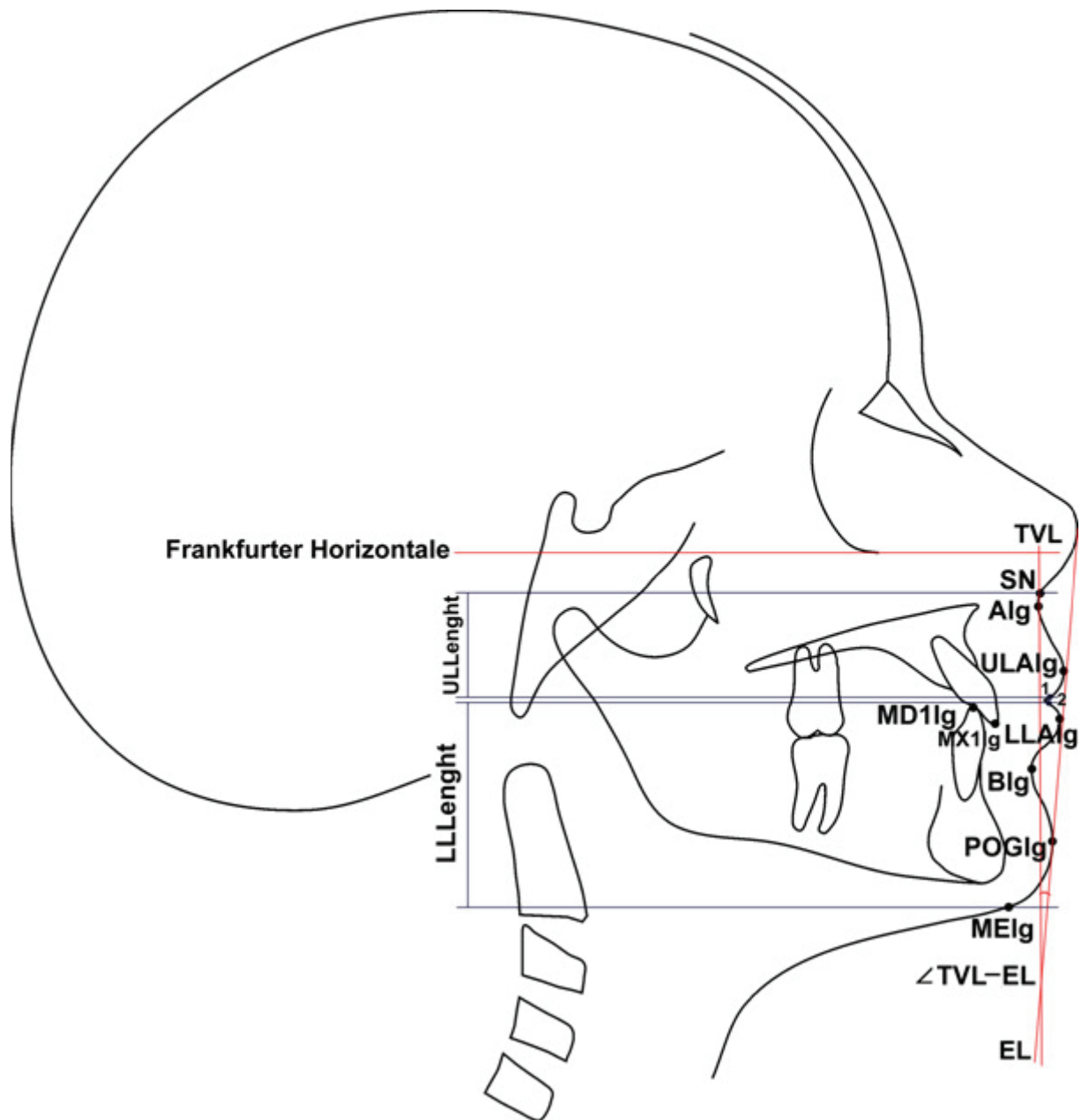


Abbildung 34: Zur Untersuchung eingegebene Weichteilprofilpunkte (Definition der Punkte auf S. 31) und deren Lage zur True Vertical Line (TVL), der Winkel TVL-EL und die Gesichtshöhen ULLenght und LLLenght.

Tabelle 15: Weichteilprofilanalyse Klasse II, lg Werte in mm, TVL-EL in Grad

| | Zeit | \bar{X} | SD | Diff. T1-T2 | Diff. T1-T3 | Diff. T2-T3 |
|-------------------------------------|------|-----------|------|-------------------|-------------------|----------------|
| MD1lg mm (Mandibula UK 1er) | T1 | -19,4 | 2,62 | p<0,001 | p=0,033 | p=0,084 |
| | T2 | -15,4 | 3,28 | | | |
| | T3 | -15,9 | 2,87 | | | |
| LLAlg mm (Lower Lip Anterior) | T1 | -4 | 2,49 | p=0,001 | p=0,138 | p=0,004 |
| | T2 | -1,3 | 3,79 | | | |
| | T3 | -3,1 | 3,14 | | | |
| Blg mm | T1 | -13,8 | 3,43 | p<0,001 | p<0,001 | p=0,226 |
| | T2 | -10,1 | 5,35 | | | |
| | T3 | -10,7 | 4,18 | | | |
| POGlg mm | T1 | -11,9 | 6,12 | p=0,002 | p=0,001 | p=0,726 |
| | T2 | -9,3 | 6,35 | | | |
| | T3 | -8,6 | 5,89 | | | |
| TVL-EL ° | T1 | 24,4 | 5,54 | p<0,001 | p=0,001 | p=0,018 |
| | T2 | 20,5 | 6,28 | | | |
| | T3 | 21,8 | 6,31 | | | |

Tabelle 16: Weichteilprofilanalyse Klasse III, lg Werte in mm, TVL-EL in Grad

| | Zeit | \bar{X} | SD | Diff. T1-T2 | Diff. T1-T3 | Diff. T2-T3 |
|----------|------|-----------|------|-------------------|-------------------|----------------|
| MD1lg mm | T1 | -7,9 | 3,6 | p<0,001 | p<0,001 | p=0,084 |
| | T2 | -14 | 2,26 | | | |
| | T3 | -12,9 | 2,9 | | | |
| LLAlg mm | T1 | 4,5 | 3,96 | p=0,001 | p=0,001 | p=0,604 |
| | T2 | 0,6 | 2,11 | | | |
| | T3 | 0,7 | 2,57 | | | |
| Blg mm | T1 | 0,4 | 4,02 | p<0,001 | p<0,001 | p=0,158 |
| | T2 | -5,3 | 3,7 | | | |
| | T3 | -4,3 | 4,19 | | | |
| POGlg mm | T1 | 2 | 6,36 | p<0,001 | p=0,027 | p=0,006 |
| | T2 | -3,1 | 4,89 | | | |
| | T3 | -1 | 5,47 | | | |
| TVL-EL ° | T1 | 11,3 | 4,74 | p<0,001 | p=0,001 | p=0,205 |
| | T2 | 15 | 4,58 | | | |
| | T3 | 14,2 | 5,18 | | | |

Bei den Klasse II Patienten (Tab. 15) lagen die unteren Schneidezähne (MD1lg) gegenüber dem Normwert von -12 mm mit -19,4 mm stark im negativen Bereich. Nach der Vorverlagerung des Unterkiefers war der Unterschied von T2 und T3 verglichen mit dem Normwert nicht groß. Das bedeutete, dass die Unterkieferschneidezähne in stabiler Position standen.

Der Normwert vom Abstand des anterioren Unterlippenweichteilpunktes (LLAlg) zur TVLine beträgt 1,9mm.

Die Werte aller drei Zeitpunkte lagen im Negativen. Nach der Operation (T2) vergrößerte sich der Wert um 2,6mm auf -1,3mm. Der Wert von T3 ging nach eineinhalb Jahren wieder auf

den Wert von T1 zurück und der Abstand zur TrueVerticalLine (TVLine) vergrößerte sich wieder ($p=0,004$, Tab. 15). Möglicherweise kam es durch eine dentale Kompensation zur Retroinklination der unteren Schneidezähne.

Bei den ersten beiden Vergleichsgruppen von Blg waren signifikante Unterschiede zu finden. Im Vergleich zu den Werten von MD1lg und LLA1g der Klasse II wichen die Werte bei T1, T2 und T3 stärker in das Negative ab. Der Normwert beträgt -5,4 mm. Alle Werte waren stark negativ, wie in Abbildung 35 dargestellt. Bedingt durch den Distalbiß kam es zu einem großen Abstand zur TVLinie.

Der Vergleich der T2 und T3 Werte zeigte keine nennenswerten Veränderungen.

Bei den Patienten der Klasse III war zu erwarten, dass die oben genannten Weichteilpunkte durch die progene Lage des Unterkiefers vor allem beim Zeitpunkt T1 in der Nähe der TVLine lagen. Zum Teil waren diese Werte sogar positiv. Das Operationsergebnis führte zu signifikanten Änderungen zwischen den Werten von T1->T2 und T1->T3 (Tabelle 16).

Bei der Klasse III (S.61) waren die Weichteilpunkte und die Abstände zur TVLine bei den Werten von MD1lg und LLA1g den Werten der Klasse II entgegengesetzt.

Bei T1 war der Wert mit -7,9mm kleiner als der Normwert von -12mm auf Grund der präoperativ anterioren Lage der unteren Schneidezähne.

Der T2 und vor allem der T3 Wert (-12,9mm) lagen im Normbereich von -12mm.

Dieselbe stabile Situation war bei LLA1g vorhanden.

Bei einem normgerechten Abstand von 1,9mm zur TVLine war der Wert von LLA1g bei T1 mit 4,5mm zu groß und der bei T2 (0,6mm) und T3 (0,7mm) zu klein (Tabelle 16). Sie veränderten sich post operationem nicht mehr.

Der Normwert des Abstandes vom Weichteil B-Punkt (Blg) zur TVLine beträgt -5,4 mm.

Wie in Abbildung 35 zu sehen, war der T1 Wert positiv. Dieser lag vor der TVLine.

Der T2 Wert entsprach nach der Operation der Norm und der T3 Wert ging leicht in Richtung T1 zurück.

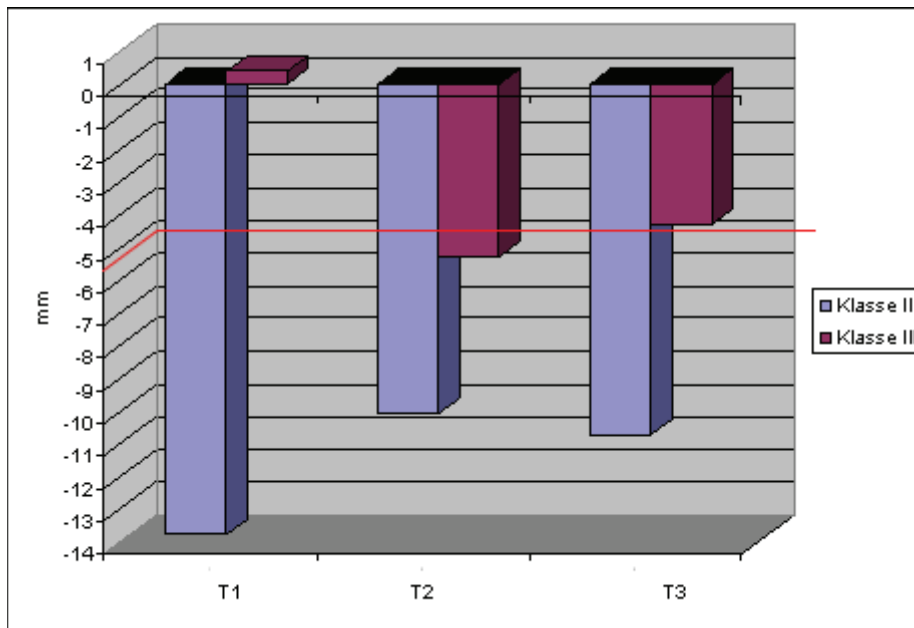


Abbildung 35: Weichteilprofilanalyse, Weichteilpunkt Blg in mm, Zeitpunktevergleich T1, T2 und T3 von Klasse II und Klasse III, die rote Linie stellt den Norm-Abstand zur TVLine dar. Die p-Werte sind in Tab. 15 und 16 aufgelistet.

Die Abstände der Weichteilpunkte zur TVLine wiesen bei Klasse II und Klasse III eine geringe Streuung auf. Diese war bei den Werten von MD1lg klein und vergrößerte sich leicht bei den Werten von LLA1g und Blg, je weiter diese kaudal gelegen waren (Tab. 15 und 16).

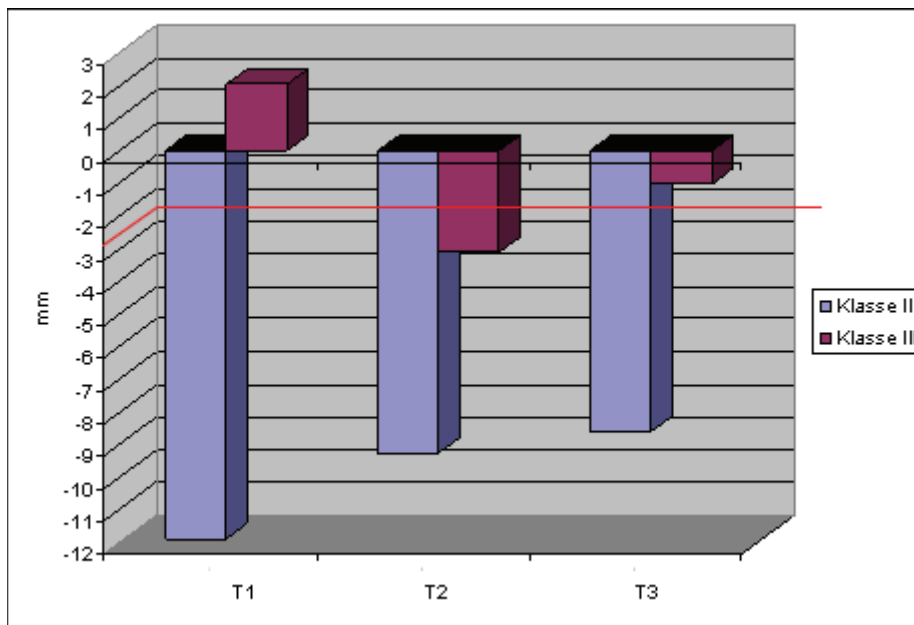


Abbildung 36: Weichteilprofilanalyse, Weichteilpunkt POG1g in mm, Zeitpunktevergleich T1, T2 und T3 von Klasse II und Klasse III, die rote Linie stellt den Norm-Abstand zur TVLine dar. Die p-Werte sind in Tab. 15 und 16 aufgelistet.

Der Normabstand des Weichteil-Pogonion-Punktes (POGlg) zur TVLine beträgt $-2,6\text{mm}$.

Der Abstand des Weichteil-Pogonion-Punktes zur TVLine (Abbildung 36) der Klasse II befand sich zu allen Untersuchungszeitpunkten deutlich stark unter der Norm ähnlich wie bei dem Punkt Blg (Abbildung 35).

Der Wert von T1 war mit $-11,88\text{mm}$ am negativsten. Nach der Operation verringerte sich die Größe von T1 zu T2 und T3.

Der POGlg Gruppenmittelwert der Klasse III Patienten war bei T1 mit 2 mm positiv, ähnlich wie der Blg Wert (Tabelle 16). Damit war er zu groß im Vergleich zur Norm von $-2,6\text{mm}$. Bei T2 kam es durch die operative Rückverlagerung zu einer Verkleinerung des Abstandes. Dieser betrug dann $-3,1\text{mm}$. Er war somit negativ und lag dicht am Normabstand (Abb. 36). Bei T3 (-1 mm) kam es zu einer leichten Verschlechterung des Wertes mit einer Tendenz in Richtung zu T1.

Ein Vergleich der Blg und POGlg Werte mit der Klasse II zeigte Ähnlichkeiten bei den Zeitpunkten T2 und T3. Es kam nach der Operation zu Verbesserungen in Richtung des Normabstandes (Tab. 15).

Der Blg-Abstand zur TVLine bei den Klasse III Patienten veränderte sich weniger stark als der Pogonion-Punkt Abstand. Hier lag ein signifikanter Unterschied bei allen 3 Wertepaaren vor (Tab. 16). Es kam eineinhalb Jahren zu stärker ausfallenden postoperativen Veränderungen.

Durch die Rückverlagerung veränderten sich die Werte vom positiven bei T1 zum leicht negativen bei T2. Der Wert von T3 (-1 mm) blieb negativ und in der Nähe vom Normabstand von $-2,6\text{ mm}$.

Die ermittelten Werte des TVL-EL Winkels sollten im Vergleich mit den Klasse III Patienten bei den Distalbiss-Patienten auf Grund der Unterkieferrücklage größer sein.

Dies wurde im Vergleich in den Tabellen 15 und Tabellen 16 bestätigt.

Zwischen allen 3 Zeitpunkten der Klasse II waren die eingetretenen Änderungen signifikant bei T1 \rightarrow T2, T1 \rightarrow T3 und T2 \rightarrow T3.

Dabei lag der T1 Wert mit $24,4^\circ$ dicht am Normwert von 25° , T2 und T3 wurden kleiner und wichen mehr vom Normwert ab.

Durch die Unterkieferverlagerung änderte sich die Lage des Kinnbereichs und seiner Weichteilstrukturen wie die Blg- und POGlg-Punkte im Sinne einer Verkleinerung des Winkels. Bei T2 betrug er 20,5 Grad und bei T3 21,8 Grad.

Bei der Klasse III war der T1-Wert mit 11,3 Grad sehr klein im Vergleich zur Norm (25 Grad). Ursache war die progene Lage des Weichteil Pogonion-Punktes bei Behandlungsbeginn.

Die T2 und T3 Werte waren um 3 Grad größer als T1 aber im Vergleich zum Normwert immer noch um 10 Grad zu klein. Zwischen den Zeitpunkten T2 und T3 lag keine Signifikanz vor.

Zusammenfassung der Ergebnisse der Weichteilprofilanalyse Klasse II und Klasse III

Präoperativ (T1) waren die Weichteilprofil-Streckenwerte der Klasse II stark im negativen Bereich und der Winkel TVL-EL im Normbereich. Dies bedeutete eine ausgeprägte Unterkiefernücklage zum Zeitpunkt T1, wie es auch schon in der sagittalen Analyse bei den skelettalen Werten festgestellt und beschrieben wurde (Tabelle 7).

Bei der Klasse III waren die Streckenwerte bei T1 weniger stark negativ ausgeprägt, zum Teil im positiven Bereich (LLAlg und Blg, Tabelle 16), da einige Weichteilpunkte vor der TVLine lagen. Der Winkel TVL-EL war durch die starke Unterkieferverlagerung zu klein. Eine ähnliche präoperative Ausgangslage zeigte sich skelettal in der Sagittalen beim Winkel ANB (Tabelle 8) mit einem negativen Wert bei T1 (S. 47).

Postoperativ zeigten sich in beiden untersuchten Klassen typische Parallelen.

Die meisten signifikanten Differenzen waren zwischen den Wertepaaren T1 -> T2 zu finden. Aufgrund der operativen Lageänderung des Unterkiefersegmentes waren die Werte bei Klasse II entgegengesetzt den Werten von Klasse III.

Die Streuungswerte waren bei beiden Untersuchungsgruppen (Tab. 15 und 16) bei der Strecke POGlg und dem Winkel TVL-EL größer als bei den Strecken MD1lg, LLAlg und Blg.

Ursächlich sind die operativen Veränderungen im unteren Gesichtsdrittel und den daraus resultierenden prä- und postoperativen Unterschieden. Dadurch kam es durch den unterschiedlich stark ausgeprägten Dysgnathiegrad jedes einzelnen Probanden bei der Progenie und dem Distalbiss zu höheren Streuungswerten im Vergleich mit den weiter kranial gelegenen Werten (MD1lg, LLAlg und Blg, S. 61).

Die operative skelettale Vor- oder Rückverlagerung des Unterkiefersegmentes wirkt sich somit auf das Weichteilprofil und die Ästhetik aus.

Bei der Klasse II waren die ermittelten Werte in Tabelle 15 kleiner als die der Normabstände zur TVLine. Es kam postoperativ zu Verbesserungen durch die Vorverlagerung und auch zu stabilen Verhältnissen zwischen den Zeitpunkten T2 und T3 bei den Strecken MD1lg, Blg, POGlg und dem Winkel TVL-EL.

Nur bei LLAlg kam es zu einem stärkeren Rückfall bei T3 und somit zu einer Verschlechterung der postoperativen Situation, möglicherweise verursacht durch Änderungen der Zahnstellungen und deren Auswirkungen auf die Unterlippe, was durch eine signifikante Differenz statistisch belegt wird.

Die Werte (Tab. 16) der Klasse III Patienten waren größer als die Normabstände und somit entgegengesetzt der Klasse II. Auffallend waren die stärker positiven Streckenwerte von MD1lg, LLAlg, Blg und POGlg bei T1.

Stabile postoperative Ergebnisse (T3) waren ähnlich wie bei der Klasse II vorhanden.

Beim POGlg kam es aber auch zwischen T2 und T3 zu einer statistischen Auffälligkeit, welche verbunden war mit einem Anstieg des Wertes bei T3 von +2mm in Richtung T1, was einem leichten Rezidiv entsprach.

Auch der TVL-EL Winkel war nach eineinhalb Jahren noch viel zu klein. Dieser Zustand wirkt sich auf die Kinnprominenz negativ aus.

Im Vergleich des Weichteilprofils beider Klassen erscheint damit das Ergebnis der Klasse II Patienten stabiler als das der Klasse III Patienten, was auch skelettal durch die sagittale Analyse bestätigt wurde (S. 47, Tabelle 7 und 8).

4.3. Ergebnisse der Tensoranalyse

4.3.1. Bestimmung der sagittalen Lagebeziehungen der Maxilla und Mandibula zur Schädelbasis Klasse II und Klasse III

Dreieck SNMe

Das Dreieck SNMe beschreibt die Lage des Menton-Punktes zur Schädelbasis (S-N).

Es stellt Veränderungen des operierten Unterkiefers zur S-N Linie dar.

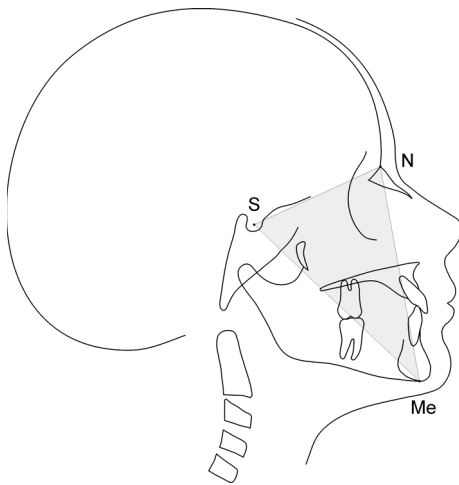


Abbildung 37: Lage des Dreiecks SNMe

Tabelle 17: Dreieck SNMe Klasse II, Statistische Prüfung der Veränderungen von Dilatationen und Winkeln

| | Zeit | \bar{X} D1 | \bar{X} D2 | \bar{X} alpha | \bar{X} beta |
|-----------|-------|--------------|--------------|-----------------|----------------|
| SNMe | T1-T2 | 1,02 | 0,98 | 60,56 | 29,43 |
| SD | | 0,04 | 0,04 | 22,78 | 22,78 |
| SNMe | T1-T3 | 1,03 | 0,99 | 47,27 | 42,72 |
| SD | | 0,03 | 0,03 | 24,27 | 24,27 |
| Differenz | | p=0,244 | p=0,106 | p=0,092 | p=0,092 |

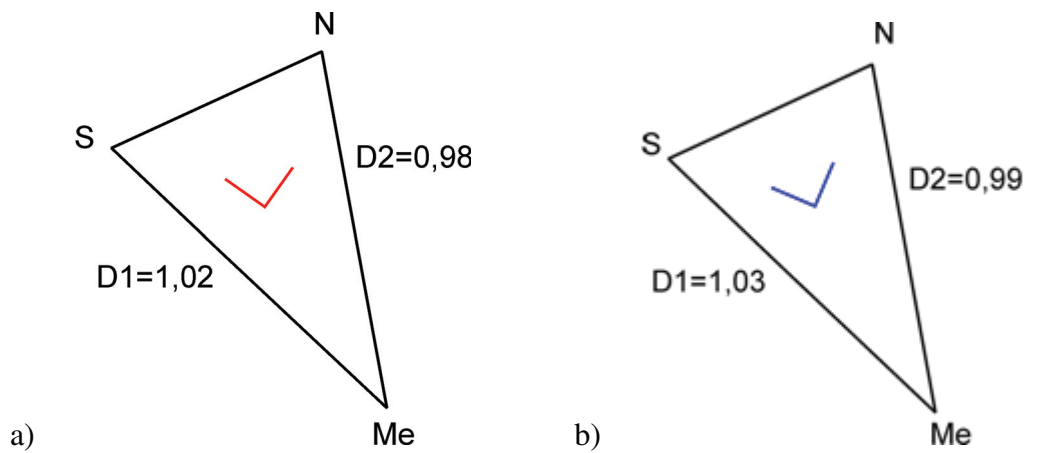


Abbildung 38:

a) Eingezeichnete Richtungen der Dilatationen D1 und D2 der Klasse II zum Zeitpunkt T1 zu T2

b) Dilatationen D1-D2 der Klasse II zum Zeitpunkt T1 zu T3

Tabelle 18: Dreieck SNMe der Untersuchungsgruppe III

| | Zeit | \bar{X} D1 | \bar{X} D2 | \bar{X} alpha | \bar{X} beta |
|-----------|-------|----------------|--------------|-----------------|----------------|
| SNMe | T1-T2 | 0,95 | 1,01 | 51,37 | 38,62 |
| SD | | 0,03 | 0,03 | 16,32 | 16,32 |
| SNMe | T1-T3 | 0,97 | 1,01 | 48,14 | 41,85 |
| SD | | 0,03 | 0,03 | 24,63 | 24,63 |
| Differenz | | p=0,005 | p=0,391 | p=0,823 | p=0,823 |

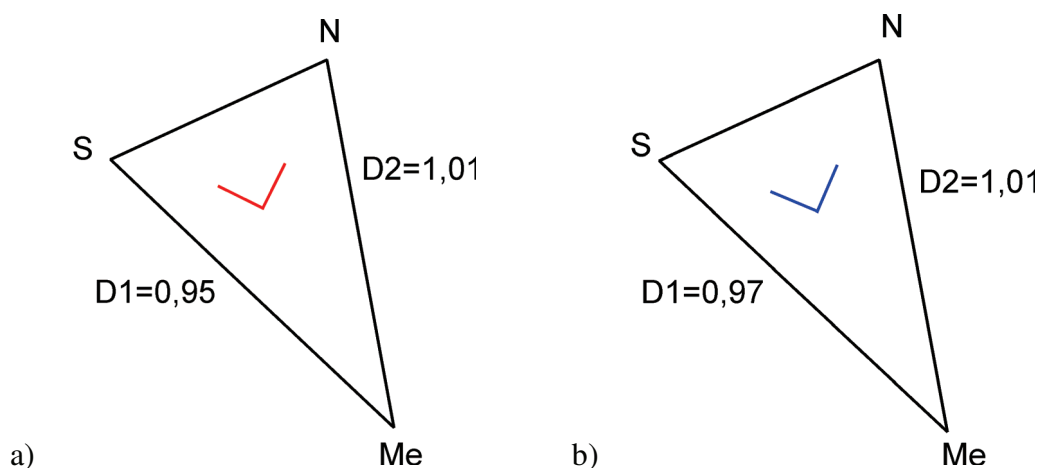


Abbildung 39:

a) Eingezeichnete Richtungen der Dilatationen D1 und D2 der Klasse III zum Zeitpunkt T1 zu T2

b) Dilatationen D1-D2 der Klasse III zum Zeitpunkt T1 zu T3

Die Veränderungen postoperativ (T2) und bei T3 sind besonders an der nach kaudal-anterior gerichteten D1 bewertbar.

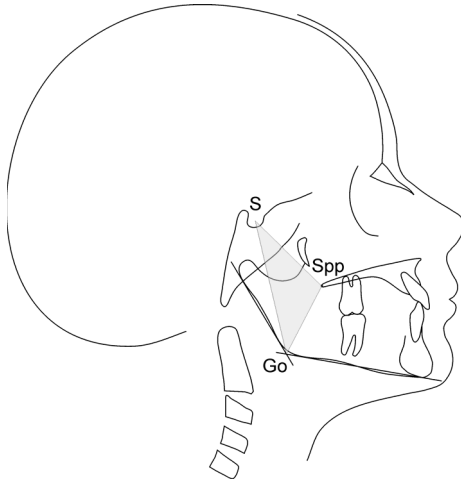
Geringer als erwartet nimmt die D1 bei der Klasse II um 2% zu und bei der Klasse III um 5% ab. Das heißt, dass im Mittel die posteriore Lageverschiebung des Mentons in der Gruppe Klasse II geringer ausfällt (Tab.17). Dafür bleibt das Ergebnis bei T3 stabil, es verbessert sich sogar nicht signifikant um 1%.

Bei der Klasse III fällt die Reduzierung mit 5% bei T2 stärker aus, reduziert sich aber bei T3 signifikant, so dass am Ende die Rückverlagerung mit 3% gegenüber der präoperativen Situation stabil bleibt (Tab. 18). Die Veränderung von D1 ist damit bei T3 mit der Veränderung bei der Klasse II auf dem gleichen Niveau (Abb. 38 und 39).

Das vermittelt den Eindruck, dass eine stabile Vor- oder Rückverlagerung in Grenzen dauerhaft möglich ist. Auch wenn die Ursachen funktionell unterschiedlich sind, muss die Anpassung der Weichteilkapsel und der Zunge als limitierender Faktor betrachtet werden.

4.3.2. Intermaxilläre Analyse der Untersuchungsgruppen Klasse II und Klasse III

Dreieck SSppGo



Das Dreieck SSppGo zeigt Veränderungen der operativ unveränderten Sella turcica und Spina nasalis posterior Punkte zum Gonion Punkt.

Abbildung 40: Lage des Dreiecks SSppGo

Tabelle 19: Dreieck SSppGo Klasse II , Statistische Prüfung der Veränderungen von Dilatationen und Winkeln

| | Zeit | \bar{X} D1 | \bar{X} D2 | \bar{X} alpha | \bar{X} beta |
|-----------|-------|--------------|--------------|-----------------|----------------|
| SSppGo | T1-T2 | 0,99 | 0,95 | 40,77 | 49,22 |
| SD | | 0,06 | 0,08 | 27,41 | 27,41 |
| SSppGo | T1-T3 | 0,98 | 0,97 | 49,38 | 40,61 |
| SD | | 0,06 | 0,03 | 29,18 | 29,18 |
| Differenz | | p=0,498 | p=0,054 | p=0,715 | p=0,715 |

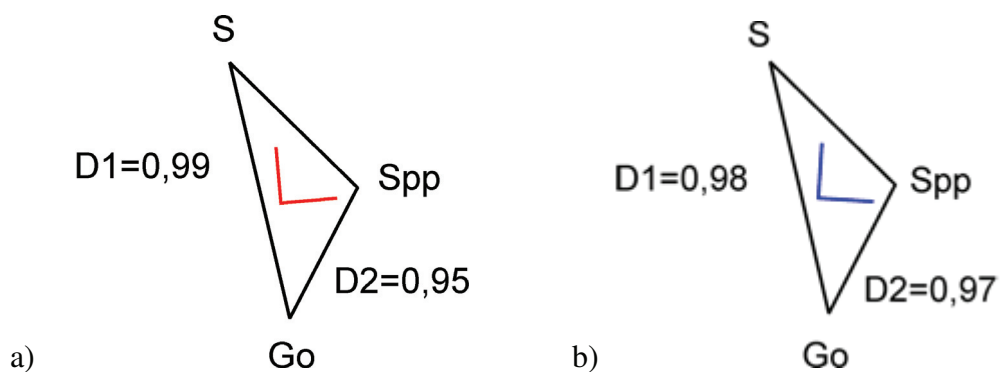


Abbildung 41:

a) Eingezeichnete Richtungen der Dilatationen D1 und D2 der Klasse II zum Zeitpunkt T1 zu T2

b) Dilatationen D1-D2 der Klasse II zum Zeitpunkt T1 zu T3

Tabelle 20: Dreieck SSppGo der Untersuchungsgruppe Klasse III

| | Zeit | \bar{X} D1 | \bar{X} D2 | \bar{X} alpha | \bar{X} beta |
|-----------|-------|--------------|----------------|-----------------|----------------|
| SSppGo | T1-T2 | 1,03 | 1,06 | 33,49 | 56,5 |
| SD | | 0,08 | 0,12 | 28,07 | 28,07 |
| SSppGo | T1-T3 | 1,01 | 1,11 | 32,77 | 57,22 |
| SD | | 0,06 | 0,09 | 25,89 | 25,89 |
| Differenz | | p=0,232 | p=0,028 | p=0,681 | p=0,681 |

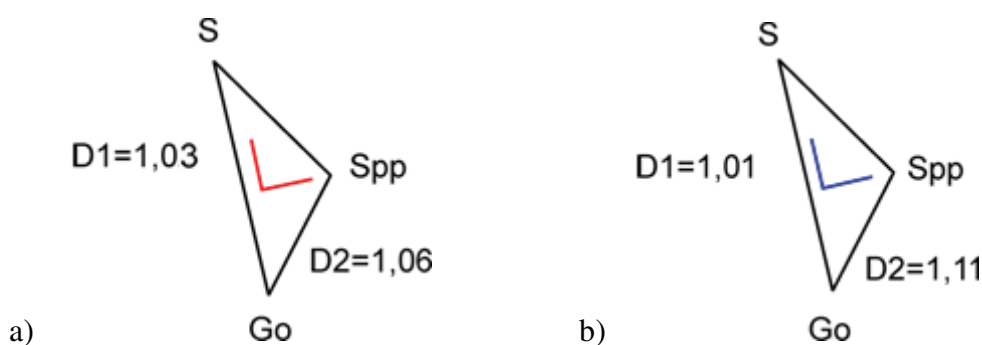


Abbildung 42:

a) Eingezeichnete Richtungen der Dilatationen D1 und D2 der Klasse III zum Zeitpunkt T1 zu T2

b) Dilatationen D1-D2 der Klasse III zum Zeitpunkt T1 zu T3

Der Gonion Punkt wurde operativ nach anterior bzw. posterior durch die Unterkiefer Segmentverlagerung verschoben. Dies war auch ersichtlich in den sagittalen Werten beider Klassen durch eine Verkürzung (Abbildung 41) bzw. Verlängerung (Abbildung 42) der Strecken. Vertikal waren kaum Änderungen zu erwarten.

Bei der Klasse II (Tabelle 19) kam es durch die operative Unterkieferverlagerung und Änderung des Gonion Punktes zum Zeitpunkt T2 beim Dreieck SSppGo in sagittaler Richtung zu einer Verkürzung von D2 um 5%.

Bei T3 reduzierte sich diese um 2%, das heißt, die Verkürzung verringerte sich auf 3%.

Vertikal waren zu beiden Zeitpunkten keine Veränderungen nachweisbar.

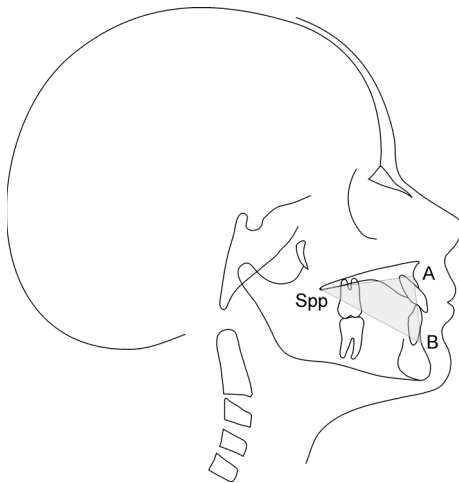
Bei der Klasse III (Tabelle 20) kam es durch die Unterkiefernückverlagerung in der Sagittalen (D2) zu einer 6%igen Vergrößerung bei T2, welche sich bei T3 noch auf 11% verstärkte.

Die vertikale Dilatation war bei T2 um 2,9% gestreckt, bei T3 aber wieder ähnlich dem Zeitpunkt T1.

Die Veränderungen sind Ausdruck der Lageänderung des Gonion Punktes in der Vertikalen nach kranial und in der Sagittalen nach posterior.

Die Streuungen waren größer, da bei einigen Patienten sehr ausgeprägte Anomalien vorlagen.

Dreieck SppAB



Das Dreieck SppAB zeigt die intermaxillären Lagebeziehungen des Punktes B zum unveränderten Oberkiefer (Apikale Basis (A) und Spina nasalis posterior (Spp)).

Abbildung 43: Lage des Dreiecks SppAB

Tabelle 21: Dreieck SppAB Klasse II, Statistische Prüfung der Veränderungen von Dilatationen und Winkeln

| | Zeit | \bar{X} D1 | \bar{X} D2 | \bar{X} alpha | \bar{X} beta |
|-----------|-------|--------------|--------------|-----------------|----------------|
| SppAB | T1-T2 | 1,09 | 0,96 | 56,73 | 33,26 |
| SD | | 0,08 | 0,05 | 19,83 | 19,83 |
| SppAB | T1-T3 | 1,06 | 0,96 | 48,94 | 41,05 |
| SD | | 0,08 | 0,07 | 20,72 | 20,72 |
| Differenz | | p=0,114 | p=0,476 | p=0,054 | p=0,054 |

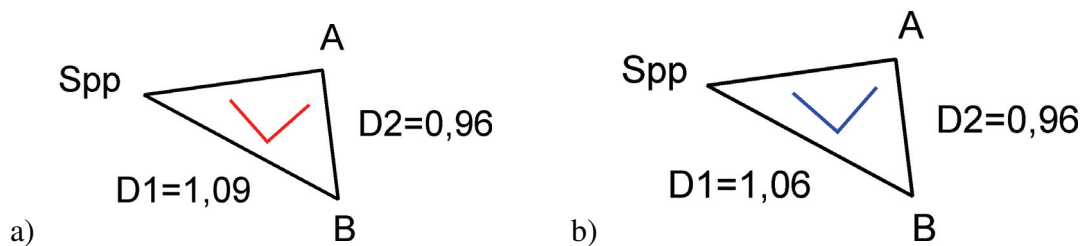


Abbildung 44:

a) Eingezeichnete Richtungen der Dilatationen D1 und D2 der Klasse II zum Zeitpunkt T1 zu T2

b) Dilatationen D1-D2 der Klasse II zum Zeitpunkt T1 zu T3

Tabelle 22: Dreieck SppAB Klasse III

| | Zeit | \bar{X} D1 | \bar{X} D2 | \bar{X} alpha | \bar{X} beta |
|-----------|-------|--------------|----------------|-----------------|----------------|
| SppAB | T1-T2 | 0,90 | 1,10 | 49,01 | 40,98 |
| SD | | 0,05 | 0,06 | 17,74 | 17,74 |
| SppAB | T1-T3 | 0,91 | 1,06 | 52,27 | 37,72 |
| SD | | 0,04 | 0,09 | 20,51 | 20,51 |
| Differenz | | p=0,478 | p=0,040 | p=0,052 | p=0,052 |

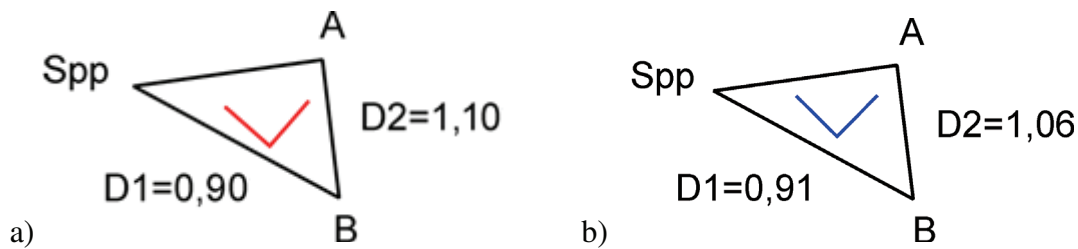


Abbildung 45:

a) Eingezeichnete Richtungen der Dilatationen D1 und D2 der Klasse III zum Zeitpunkt T1 zu T2

b) Dilatationen D1-D2 der Klasse III zum Zeitpunkt T1 zu T3

Wesentliche Veränderungen sollten sich intermaxillär durch den Vergleich der Punkte A und B in vertikaler und sagittaler Richtung zeigen.

Durch Verlagerung des B-Punktes kam es zu einer Verschiebung zum A-Punkt. Die verschiedenen Zeitpunkte ermöglichten so eine Aussage über die basale Stabilität.

Bei der Klasse II kam es zum Zeitpunkt T2 (Tab. 21) durch die Vorverlagerung zu einer 9%igen Streckenverlängerung (D1).

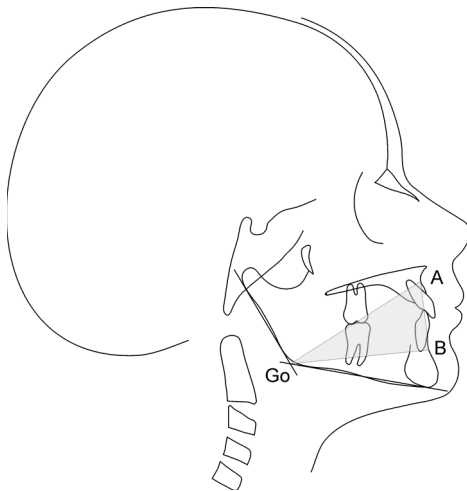
Bei D2 kam es zu einer Verkürzung von 4% (Abb. 44). Die Streuungen waren bei der Dilatation 1 größer als bei den Werten von Dilatation 2 und verringerten sich bei T1->T3. Dieses Ergebnis war auch nach eineinhalb Jahren bei T3 stabil. Der Wert der Strecke Spp-B verringerte sich allerdings um 3% auf 6%.

Durch die Rückverlagerung zeigte sich bei der Klasse III in der Sagittalen eine Verkürzung auf der Strecke Spp-B bei T2 von 10% (Tab. 22). Bei T3 verringerte sich der Wert nur gering um 1% auf 9%. Vertikal kam es in posterior-kaudaler Richtung zu einer Vergrößerung der Werte bei T2 um 9,9% und bei T3 um 6% (Abb. 45).

Bei beiden Klassen waren die operativ bedingten Lageveränderungen des B-Punktes stabil. Die Streuung in der Gruppe der Klasse III fiel geringer aus als bei der Klasse II, da sich die Werte im Vergleich von T1->T2 und T1->T3 nur wenig änderten.

Gegenüber den Veränderungen des Mentonpunktes (Dreieck SNMe) scheinen die Veränderungen im Bereich der apikalen Basis des Unterkiefers (B) größer zu sein. Die dimensionslosen Dilatationen bewerten allerdings nicht die größeren Messstrecken dieses Dreiecks.

Dreieck GoAB



Das Dreieck GoAB zeigt die operativen Veränderungen des Gonion- und B-Punktes zum unveränderten Punkt A. Dadurch kann eine Beurteilung der Lage des B-Punktes und des Gonion-Punktes zueinander und in Relation zum A-Punkt stattfinden.

Abbildung 46: Lage des Dreiecks GoAB

Tabelle 23: Dreieck GoAB Klasse II, Statistische Prüfung der Veränderungen von Dilatationen und Winkeln

| | Zeit | \bar{X} D1 | \bar{X} D2 | \bar{X} alpha | \bar{X} beta |
|-----------|-------|--------------|--------------|-----------------|----------------|
| GoAB | T1-T2 | 1,08 | 1,01 | 52,94 | 37,05 |
| SD | | 0,10 | 0,11 | 31,86 | 31,86 |
| GoAB | T1-T3 | 1,06 | 0,98 | 53,72 | 36,27 |
| SD | | 0,08 | 0,12 | 24,71 | 24,71 |
| Differenz | | p=0,768 | p=0,455 | p=0,498 | p=0,498 |

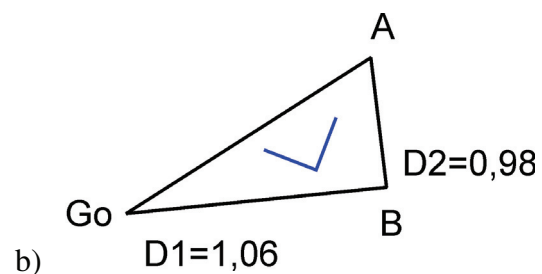
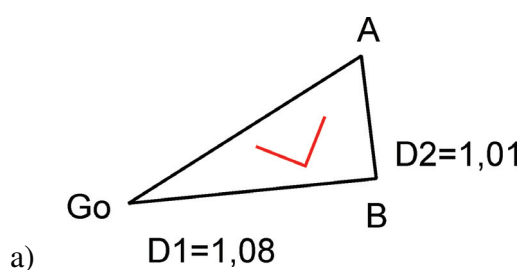


Abbildung 47:

a) Eingezeichnete Richtungen der Dilatationen D1 und D2 der Klasse II zum Zeitpunkt T1 zu T2

b) Dilatationen D1-D2 der Klasse II zum Zeitpunkt T1 zu T3

Tabelle 24: Dreieck GoAB Klasse III

| | Zeit | \bar{X} D1 | \bar{X} D2 | \bar{X} alpha | \bar{X} beta |
|-----------|-------|----------------|--------------|-----------------|----------------|
| GoAB | T1-T2 | 0,88 | 1,08 | 65,65 | 24,34 |
| SD | | 0,07 | 0,08 | 18,96 | 18,96 |
| GoAB | T1-T3 | 0,93 | 1,04 | 64,14 | 25,86 |
| SD | | 0,08 | 0,09 | 17,1 | 17,1 |
| Differenz | | p=0,030 | p=0,100 | p=0,086 | p=0,086 |

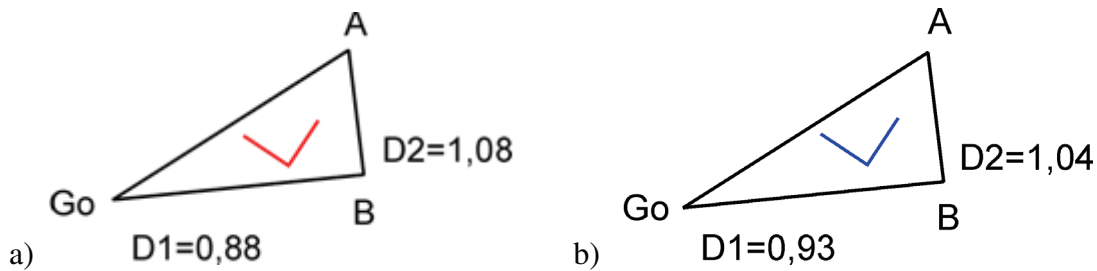


Abbildung 48:

a) Eingezeichnete Richtungen der Dilatationen D1 und D2 der Klasse III zum Zeitpunkt T1 zu T2

b) Dilatationen D1-D2 der Klasse III zum Zeitpunkt T1 zu T3

Wie das Dreieck SppAB ist auch das Dreieck GoAB für die postoperative Beurteilung der Punkte A und B zueinander aussagefähig.

Es kam in der Klasse II ähnlich wie im Dreieck SppAB zu einer Vergrößerung der Strecke Gonion-B Punkt in sagittal-kaudaler Richtung um 8% (Abb. 47). Vertikal sind weder bei T2 noch bei T3 große Änderungen erfolgt.

Bei T3 verringerte sich die Vergrößerung der Strecke Go-B um 2 % auf 6%.

Die Streuungswerte waren größer als bei der Klasse III. Möglich wären auch die Auswirkungen des Muskel- und Weichgewebes auf das postoperative Langzeitergebnis bei der Unterkieferverlagerung.

Bei der Klasse III verkürzte sich (Abb. 48) zum Zeitpunkt T2 in sagittaler Richtung die Strecke Go-B um 12%. Bei T3 verringerte sich der Wert um 5% auf 7%.

In der Vertikalen vergrößerte sich der Wert bei T2 um 8% in posterior-kaudaler Richtung, dieser nahm ab und war bei T3 noch um 4% vergrößert.

Bei der Klasse III war die Streuung geringer (Tabelle 24) als bei den Klasse II Probanden.

Dreieck GoAPog



Das Dreieck GoAPog beschreibt ähnlich wie das Dreieck GoAB die operativen Veränderungen des Unterkiefers anhand des Pogonion- und des Gonion Punktes zum A-Punkt des Oberkiefers. Unterschiede könnten eine gewisse Rotation der Symphyse bedeuten.

Abbildung 49: Lage des Dreiecks GoAPog

Tabelle 25: Dreieck GoAPog Klasse II, Statistische Prüfung der Veränderungen von Dilatationen und Winkeln

| | Zeit | \bar{X} D1 | \bar{X} D2 | \bar{X} alpha | \bar{X} beta |
|-----------|-------|--------------|--------------|-----------------|----------------|
| GoAPog | T1-T2 | 1,01 | 1,01 | 43,9 | 46,09 |
| SD | | 0,07 | 0,07 | 31,68 | 31,86 |
| GoAPog | T1-T3 | 1,02 | 0,99 | 51,61 | 38,38 |
| SD | | 0,06 | 0,84 | 30,5 | 30,5 |
| Differenz | | p=0,159 | p=0,357 | p=0,375 | p=0,375 |

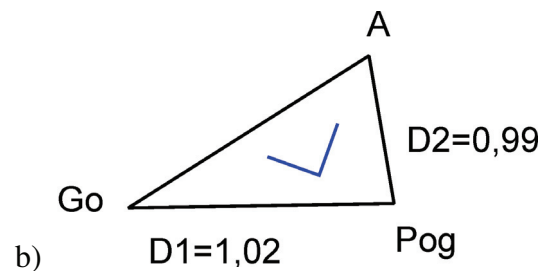
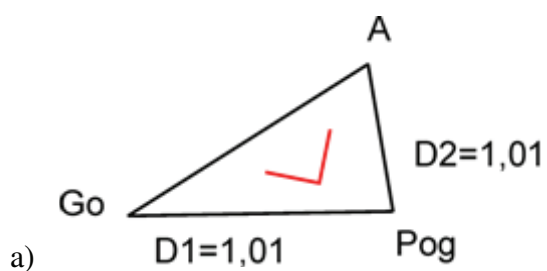


Abbildung 50:

a) Eingezeichnete Richtungen der Dilatationen D1 und D2 der Klasse II zum Zeitpunkt T1 zu T2

b) Dilatationen D1-D2 der Klasse II zum Zeitpunkt T1 zu T3

Tabelle 26: Dreieck GoAPog Klasse III

| | Zeit | \bar{X} D1 | \bar{X} D2 | \bar{X} alpha | \bar{X} beta |
|-----------|-------|----------------|----------------|-----------------|----------------|
| GoAPog | T1-T2 | 0,92 | 1,06 | 68,44 | 21,55 |
| SD | | 0,06 | 0,06 | 16,85 | 16,85 |
| GoAPog | T1-T3 | 0,99 | 1,00 | 46,87 | 43,12 |
| SD | | 0,08 | 0,86 | 35,95 | 35,95 |
| Differenz | | p=0,005 | p=0,005 | p=0,218 | p=0,218 |

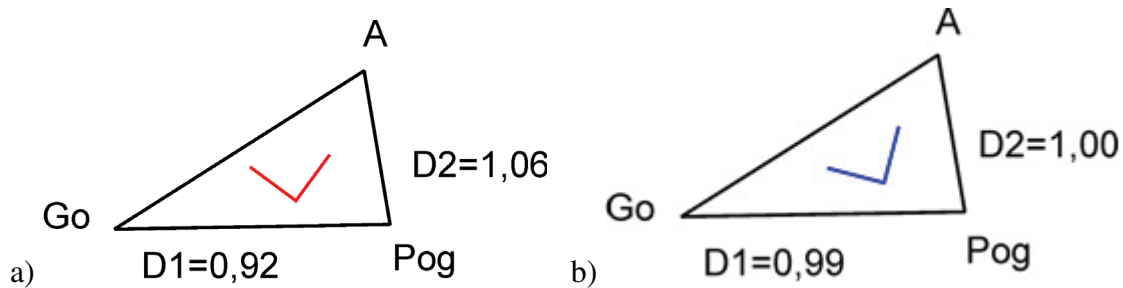


Abbildung 51:

a) Eingezeichnete Richtungen der Dilatationen D1 und D2 der Klasse III zum Zeitpunkt T1 zu T2

b) Dilatationen D1-D2 der Klasse III zum Zeitpunkt T1 zu T3

Beim Dreieck GoAPog der Klasse II waren bei beiden Zeitpunkten (Tabelle 25) nur geringe messbare Änderungen vorhanden. Die D1 Werte (Abbildung 50) waren mit 1% bzw. 2% leicht vergrößert, aber nicht so stark wie beim Dreieck GoAB oder SppAB. Die Streuungswerte zeigten bei T2 die größten Werte. Bei T3 war die Streuung bei D2 (vertikal) am größten.

Bei der Klasse II gab es keine signifikanten Differenzen.

Bei den Werten der Klasse III Patienten zeigte sich in Abbildung 51 bei D1 eine 8% Verkürzung der Strecke Gonion-Pogion und auch vertikal vergrößerte sich der Wert um 6% postoperativ.

Zum Zeitpunkt T3 eineinhalb Jahre post operationem waren die Werte mit 0,99 (D1) und 1,00 (D2) annähernd gleich mit T1 in sagittaler und vertikaler Richtung (Tab.26).

Der Pogonion-Punkt der Klasse III veränderte sich signifikant in seiner Lage, wie auch schon in der Weichteilprofilanalyse (Abb. 35) festgestellt wurde (S.63).

Die Streuung blieb bei allen Zeitpunkten und Dilatationen konstant.

Zusammenfassung der Ergebnisse der intermaxillären Analyse in der Gruppe Klasse II und Klasse III durch die Tensoranalyse

Bei den untersuchten Dreiecken SppAB, GoAB und gering auch GoAPog der intermaxillären Analyse der Klasse II kam es zu aufgrund der Operation mit der Vorverlagerung des Unterkiefersegmentes nach anterior zu einer messbaren Streckenverlängerung in dieser Richtung.

Die Ergebnisse waren stabil, da es bei den untersuchten Patienten nach eineinhalb Jahren kaum Veränderungen gab. Diese lagen zwischen 2% und 4% in Richtung T1.

Vertikal kam es nur beim Dreieck SppAB zu einer Verkürzung von 4%, welche auch zum Zeitpunkt T3 stabil war.

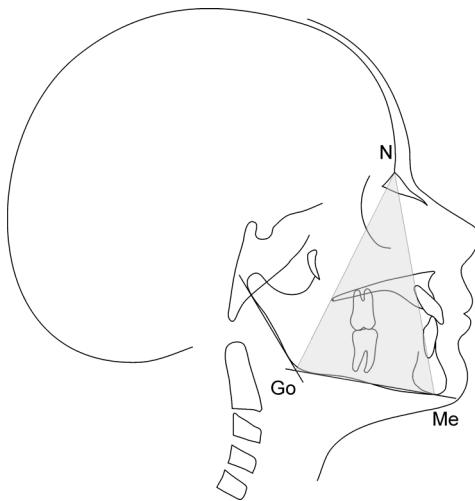
Auch bei der Klasse III war zu erkennen, dass die Werte von T2 und T3 bei den untersuchten Dreiecken SppAB, GoAB und GoAPog in der Sagittalen verkürzt waren und vertikal leicht verlängert sind. Durch die Unterkiefer Rückverlagerung war dies zu erwarten und wurde bestätigt. Beim Dreieck GoAPog kam es eineinhalb Jahre nach der Operation zu einer Verlängerung in der Sagittalen, stärker ausgeprägt als in den Dreiecken GoAB und SppAB, was durch eine signifikante Differenz belegt wurde (Tab. 26).

Dadurch zeigte sich, dass die Ergebnisse bei den Klasse II Probanden intermaxillär stabiler zu bewerten waren als in der Gruppe der Klasse III Probanden.

4.3.3. Der Unterkiefer in den Untersuchungsgruppen Klasse II und Klasse III

Dreieck NMeGo

Die Region des Kieferwinkels gibt mit den Dreiecken NMeGo und ArGoMe wichtige Anhaltspunkte über Veränderungen im Operationsgebiet während des Therapieverlaufs. Erwartungsgemäß sollten typische Veränderungen besonders in der Sagittalen vorhanden sein, da der Kieferwinkel im Zentrum der Veränderungen lag.



Die Veränderungen des Unterkiefer Abschnittes Gonion-Menton zum unveränderten Nasion Punkt wird durch das Dreieck NMeGo beschrieben.

Abbildung 52: Lage des Dreiecks NMeGo

Tabelle 27: Dreieck NMeGo Klasse II, Statistische Prüfung der Veränderungen von Dilatationen und Winkeln

| | Zeit | \bar{X} D1 | \bar{X} D2 | \bar{X} alpha | \bar{X} beta |
|-----------|-------|--------------|--------------|-----------------|----------------|
| NMeGo | T1-T2 | 0,97 | 1,03 | 54,15 | 35,84 |
| SD | | 0,05 | 0,05 | 21,37 | 21,37 |
| NMeGo | T1-T3 | 0,97 | 1,04 | 46,44 | 43,55 |
| SD | | 0,04 | 0,46 | 19,1 | 19,1 |
| Differenz | | p=0,876 | p=0,230 | p=0,322 | p=0,322 |

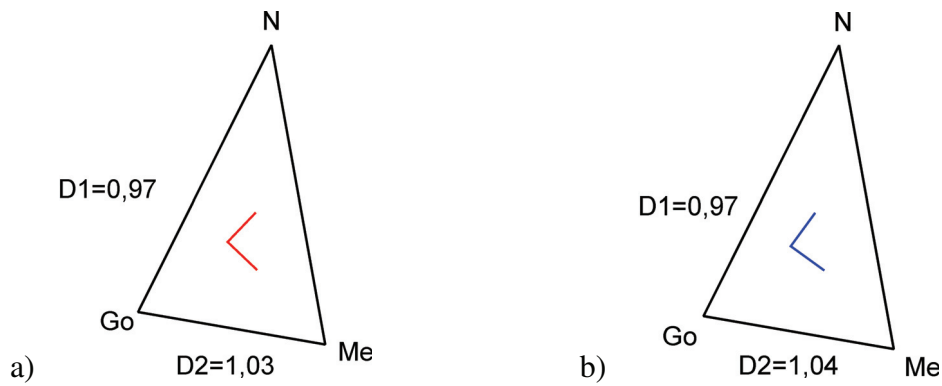


Abbildung 53:

a) Eingezeichnete Richtungen der Dilatationen D1 und D2 der Klasse II zum Zeitpunkt T1 zu T2

b) Dilatationen D1-D2 der Klasse II zum Zeitpunkt T1 zu T3

Tabelle 28: Dreieck NMeGo Klasse III

| | Zeit | \bar{X} D1 | \bar{X} D2 | \bar{X} alpha | \bar{X} beta |
|-----------|-------|--------------|--------------|-----------------|----------------|
| NMeGo | T1-T2 | 1,02 | 0,93 | 36,75 | 53,24 |
| SD | | 0,03 | 0,06 | 19,2 | 19,2 |
| NMeGo | T1-T3 | 1,04 | 0,96 | 48,69 | 41,3 |
| SD | | 0,032 | 0,44 | 25,18 | 25,18 |
| Differenz | | p=0,100 | p=0,009 | p=0,006 | p=0,006 |

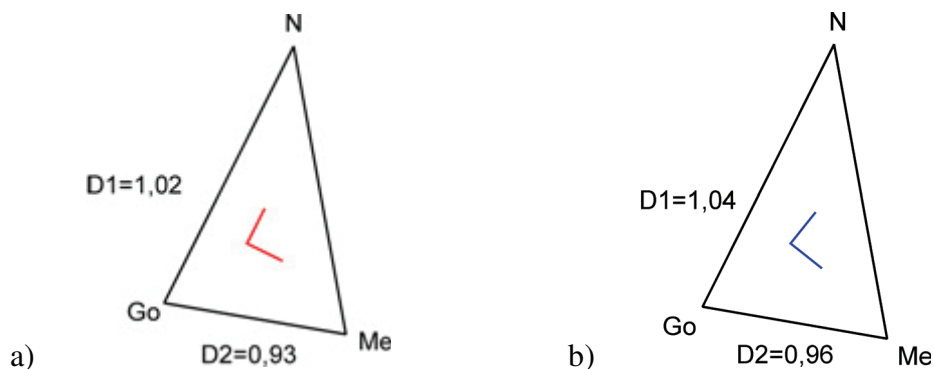


Abbildung 54:

a) Eingezeichnete Richtungen der Dilatationen D1 und D2 der Klasse III zum Zeitpunkt T1 zu T2

b) Dilatationen D1-D2 der Klasse III zum Zeitpunkt T1 zu T3

Das Dreieck NMeGo zeigte in der Gruppe Klasse II (Tab. 27) zum Zeitpunkt T2 in sagittal-kaudaler Richtung (D2) eine 3% Verlängerung (Abb. 53), bedingt durch die Unterkiefer Vorverlagerung.

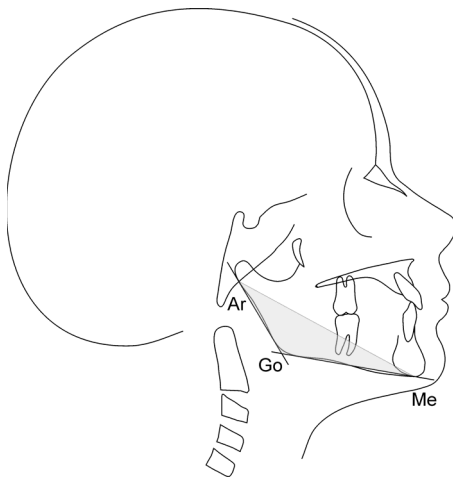
Vertikal war eine Verkürzung um 3% auf der Strecke Nasion-Gonion vorhanden.

Dieselben und damit stabilen Verhältnisse waren auch bei T3 zu finden.

Die Streuungswerte waren kleiner als bei der intermaxillären Analyse.

Bei der Klasse III (Tabelle 28) war bei dem Dreieck NMeGo sagittal die Strecke Go-Me nach der Operation um 7% verkürzt, was sich eineinhalb Jahre danach gering auf 4% abschwächte. Vertikal kam es durch die Verlagerung des Gonion Punktes durch eine mögliche Schwenkung des Unterkiefersegmentes zu einer leichten Vergrößerung der Strecke Go-N, bei T2 um 2% und bei T3 um 4% (Abbildung 54). Dass die Streuungen bei D2 größer waren als bei D1, ist bedingt durch die stärkeren Veränderungen in der Sagittalen. Dies wurde mit einem signifikanten Unterschied ($p=0,009$) belegt (Tab. 28).

Dreieck ArGoMe



Der Kieferbasiswinkel ArGoMe untersucht drei Punkte des Unterkiefers und deren Dimension zueinander.

Der Menton-, Gonion- und der Articulare-Punkt liegen im operativ veränderten Bereich.

Abbildung 55: Lage des Dreiecks ArGoMe

Tabelle 29: Dreieck ArGoMe Klasse II, Statistische Prüfung der Veränderungen von Dilatationen und Winkeln

| | Zeit | D1 | D2 | alpha | beta |
|-----------|-------|---------|----------------|---------|---------|
| ArGoMe | T1-T2 | 1,03 | 0,95 | 35,85 | 54,14 |
| SD | | 0,05 | 0,14 | 16,4 | 16,4 |
| ArGoMe | T1-T3 | 1,03 | 0,93 | 42,69 | 47,3 |
| SD | | 0,05 | 0,12 | 23,32 | 23,32 |
| Differenz | | p=0,741 | p=0,039 | p=0,170 | p=0,073 |

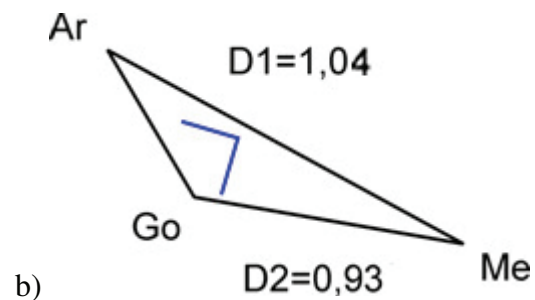
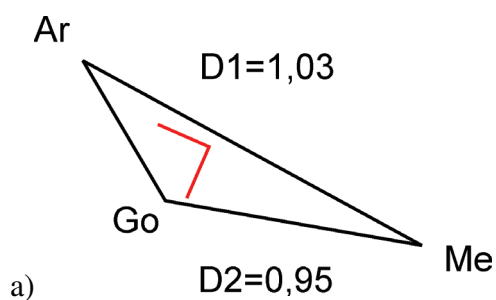


Abbildung 56:

a) Eingezeichnete Richtungen der Dilatationen D1 und D2 der Klasse II zum Zeitpunkt T1 zu T2

b) Dilatationen D1-D2 der Klasse II zum Zeitpunkt T1 zu T3

Tabelle 30: Dreieck ArGoMe Klasse III

| | Zeit | \bar{X} D1 | \bar{X} D2 | \bar{X} alpha | \bar{X} beta |
|-----------|-------|----------------|----------------|-----------------|----------------|
| ArGoMe | T1-T2 | 0,92 | 1,10 | 50,93 | 39,06 |
| SD | | 0,06 | 0,09 | 19,69 | 19,69 |
| ArGoMe | T1-T3 | 0,96 | 1,08 | 44,9 | 45,09 |
| SD | | 0,08 | 0,11 | 27,47 | 27,47 |
| Differenz | | p=0,040 | p=0,003 | p=0,067 | p=0,502 |

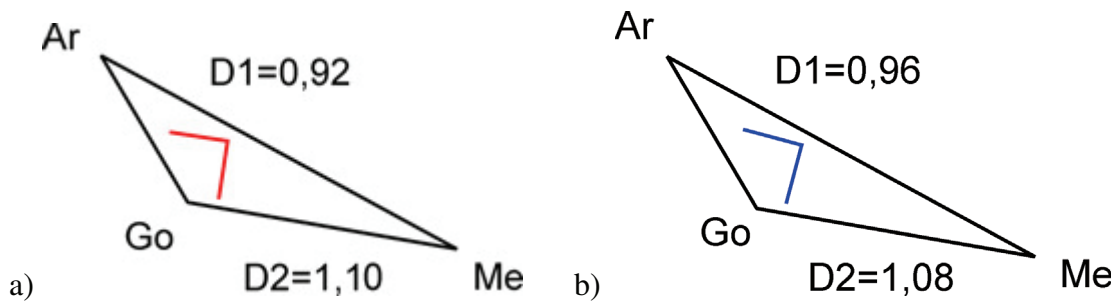


Abbildung 57:

a) Eingezeichnete Richtungen der Dilatationen D1 und D2 der Klasse III zum Zeitpunkt T1 zu T2

b) Dilatationen D1-D2 der Klasse III zum Zeitpunkt T1 zu T3

Bei der Gruppe Klasse II kam es bei dem Dreieck ArGoMe in der Sagittalen bei T2 zu einer Vergrößerung um 3%, welche bei T3 noch leicht auf 4% (Abbildung 56) anstieg und stabil blieb.

Vertikal kam es zu einer Verkürzung um 5% bei T2 und 7% bei T3, möglich durch die Lageänderung des Gonion Punktes und die operative Vorverlagerung des Unterkiefersegmentes. Die Streuung war bei T1-T2 am stärksten, der Strecken-Mittelwert von T1-T2 zu T1-T3 vergrößerte sich (Tab. 29).

In der Klasse III sollte sich die Strecke sagittal verkürzen, es kam bei der sagittalen Dilatation1 bei T2 (Abb. 57) ähnlich wie beim Dreieck NMeGo zu einer Verkürzung um 8%. Bei T3 verringerte sich dieser Wert auf 4%.

Vertikal kam es zu einer Verlängerung um 10% bei T2 und 8% bei T3.

Typisch war in der Gruppe der Klasse III die verkürzte Strecke Go-Me bzw. Ar-Me durch die operative Rückverlagerung des Unterkiefers. Auch die Streuung stieg bei der Vertikalen (D2) an (Tab. 30).

Bei dem Dreieck ArGoMe zeigten sich signifikante Unterschiede bei D2 der Klasse II Patienten und bei D1 und D2 der Klasse III Patienten. Vertikal und sagittal kam es durch die Operation im Vergleich zum Zeitpunkt T1 zu erheblichen postoperativen Verbesserungen. Die veränderten sich zwischen den Zeitpunkten T2 und T3 nur gering.

Zusammenfassung der Ergebnisse der Klasse II und Klasse III Patienten im Unterkieferbereich durch die Tensoranalyse

Im Vergleich beider Klassen zeigten die ermittelten Werte der Klasse II beim Dreieck ArGoMe zwischen T2 und T3 vertikal einen signifikanten Unterschied ($p=0,039$) (Tab. 29). Sagittal waren die Ergebnisse postoperativ stabil.

Die Klasse III Werte (Tab. 30) waren vertikal und sagittal signifikanten Änderungen unterworfen, in dem sich bei T3 die D1-Werte wieder in Richtung T1 verschlechtern (Abb. 57). Dadurch ergeben sich direkt im operierten Unterkiefer stabilere Verhältnisse bei den Klasse II Patienten als bei den Klasse III Patienten.

Zusammenfassung aller durchgeführten Analysen der Klasse II und Klasse III Patienten durch die Tensoranalyse

Die Ergebnisse der Tensoranalyse zeigten im Vergleich beider Untersuchungsgruppen bei den Klasse III Patienten (Tab. 18) beim Dreieck SNMe (Bestimmung der Lagebeziehung der Mandibula zur Schädelbasis) nach sagittal-kaudal (D1) (Abb. 39) auf der Strecke S-Me eine statistische Signifikanz. Das bedeutet, dass das postoperative Ergebnis zwischen den Zeitpunkten T2 und T3 instabiler zu bewerten ist als das der Untersuchungsgruppe Klasse II (Tab.17).

Intermaxillär kam es ähnlich zu einem signifikanten Unterschied in der Sagittalen bei den Dreiecken SSppGo (Tab. 16), SppAB (Tab. 18), GoAB (Tab. 20) bei der Dilatation 1 und beim Dreieck GoAPog (Tab. 22) bei D1 und D2.

Die signifikanten Differenzen der sagittal ausgerichteten Dilatationen bei den Dreiecken bedeuten, dass sich postoperativ bei den Klasse III Probanden mehr Veränderungen in der Sagittalen einstellten. Am stärksten fiel der Unterschied beim Dreieck GoAPog auf der Strecke Gonion-Pogonion (Abb. 51) auf.

Direkt im operierten Gebiet des Unterkiefers kam es beim Dreieck ArGoMe bei beiden Klassen zu statistisch signifikanten Veränderungen (Tab. 25 und 26). Bei der Klasse II nur vertikal und bei der Klasse III vertikal und sagittal. Wie auch beim Dreieck NMeGo (Tab. 28 und Abb. 54) kam es sagittal beim Dreieck ArGoMe auf der Strecke Gonion-Menton zu einer ausgeprägten Veränderung in Richtung T1.

Damit waren die Ergebnisse der Klasse II stabiler, wie es sich bereits in der metrischen Analyse und Weichteilanalyse herausgestellt hatte.

5. DISKUSSION

Die Entwicklungen der interdisziplinären Behandlung der Anomalien führten zu stetigen Verbesserungen in der Operationstechnik von der horizontalen zur sagittalen monomaxillären und der bimaxillären Operation. Das schließt die Fixierung der Fragmente und die kieferorthopädische Vor- und Nachbehandlung der Patienten ein (Reuther 1988).

Nachuntersuchungen von kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgisch behandelten Patienten erfolgten über mehrere Monate bis Jahre (Kiyak 1984, Ruben 1988, Athanasiou 1989, Bauer 1990) aus funktioneller und ästhetischer Sicht, aus der Langzeitstabilität und der Zufriedenheit der Patienten.

Um die Anomalien in ihrer dentalen und skelettalen Komponente diagnostizieren zu können, stehen Analysen für die skelettale und dentale Situation und das Weichteilprofil zur Verfügung.

Die vorgestellten Ergebnisse waren das Resultat dreier Analysen. Das sind die kephalometrische Analyse, die Weichteilprofilanalyse und die Tensoranalyse. Um Veränderungen oder Abweichungen in der Sagittalen oder Vertikalen (Schmuth 1988) innerhalb derselben Region beschreiben und messen zu können, wurde die Tensoranalyse genutzt. Sie verzichtet auf Referenzstrukturen und eignet sich besonders für die Beschreibung von Ausmaß und Richtung der Veränderung, welche durch die Operation und Nachsorge im Vergleich mit der Ausgangssituation bei Beginn der Therapie auftraten.

Die Anwendung der Tensoranalyse erforderte bisher einen größeren Aufwand der Vermessung (Järvinen 1987). Dies spiegelte sich auch in der geringeren Anzahl von Veröffentlichungen wieder, welche sich mit diesem Thema beschäftigen.

Ihre Anwendung ist ohne entsprechende Softwareprogramme nicht möglich. Deshalb erfolgte die Auswertung der ersten und der dritten Analyse mit dem Programm ROKA und ROTA des Rostocker Wachstumsanalyse Tools (Stahl 2007). Die Zweite erfolgte manuell mit einem Lichtkasten. Um eine Bewertung der Anomalien und deren Therapieverlauf durchführen zu können, wurden die Untersuchungsgruppen in die skelettalen Klassen II und III unterteilt. Nach der Digitalisierung erfolgte die statistische Auswertung und Prüfung auf signifikante Unterschiede.

Auffällig waren bei allen durchgeführten Analysen die geringen Veränderungen und wenigen signifikanten Differenzen mit Verschlechterung zwischen den Zeitpunkten T2 und T3. Das spricht für eine gute Stabilität besonders bei den Klasse II Patienten nach eineinhalb Jahren

post operationem. Moss (1994) und Marchetti (1999) stellten in ihren Nachuntersuchungen über 18 Monate gleiche Ergebnisse fest. Andererseits haben die Ergebnisse auch den limitierenden Charakter einer monomaxillären Operation unterstrichen (Dreiecke SNMe, NGoMe).

Es zeigten sich bei beiden Untersuchungsgruppen in der metrischen vertikalen Analyse geringere und in der sagittalen Analyse auffälligere statistische Unterschiede im Gebiet der untersuchten Punkte Gonion, Menton, Gnathion und dem B-Punkt.

Während es vertikal bei beiden Klassen zwischen den Zeitpunkten T2 und T3 keine signifikanten Veränderungen gab, kam es sagittal in der Klasse III auch postoperativ zwischen T2 und T3 zu signifikanten Differenzen. Daraus lässt sich ableiten, dass sich zum einen die Lage des B-Punktes eineinhalb Jahre nach der Operation stärker als die anderen untersuchten Parameter wieder in Richtung T1 verschlechterte, zum anderen bei der Klasse II (Bailey 1998) diese postoperative Veränderung nicht vorlag.

Die Streuungswerte fielen ebenfalls bei der Klasse III größer aus.

Michel und Reuther (1995) beschrieben die entgegengesetzte Ansicht, dass Segmentvorverlagerungen instabiler sind als Rückverlagerungen. Als Hauptursache wurde dabei die Dehnung der suprahyoidealen Muskulatur angeführt. Andere Autoren beobachteten die stärkere Rezidivtendenz bei einer Rückverlagerung zur Beseitigung einer Klasse III Anomalie (Ewers 1979, Van Sickels 2000, Watted 2001) und eine höhere postoperative Langzeitstabilität der Klasse II (Bailey 1998) ähnlich der Ergebnisse dieser Arbeit. Wagner und Reyneke (2000) fordern für ein stabiles postoperatives Ergebnis eine möglichst große Fläche des Knochenkontaktes nach sagittaler Osteotomie. Dadurch ist eine optimalere Fixierung der Fragmente gewährleistet.

Die operativen Veränderungen im Unterkiefer und deren Auswirkungen auf das Langzeitergebnis werden stark durch das myofunktionelle Gleichgewicht (Hoppenreijns 1999), intraoral durch die Zunge und extraoral durch die begrenzende Wangenmuskulatur und die Lippen beeinflusst (Altug-Atac 2008). Diesen engen Zusammenhang zeigten die Auswirkungen der operativen Veränderungen der skelettalen Punkte auf das Weichteilprofil. Durch die Vor- und Rückverlagerung kam es durch Lageveränderungen der unteren Schneidezähne (MD1lg), des anterioren Unterlippenpunktes (LLAlg), des Weichteil-B-Punktes und des Weichteil-Pogonion-Punktes (POGl) zu Auswirkungen auf das Weichteilprofil.

Schweska-Polly (2002) beschrieb die dadurch erreichte Harmonisierung der Weichteilmorphologie.

In beiden Untersuchungsgruppen traten operationsbedingt die stärksten Veränderungen zwischen den Zeitpunkten T1 und T2 im Unterkiefer auf.

Nur das Weichteil-Pogonion zeigte bei den Klasse III Probanden postoperativ zwischen T2 und T3 eine signifikante Verschlechterung. Dabei folgten die Weichteilpunkte ähnlich dem Ausmaß der Veränderungen der skelettalen Punkte. Altug-Atac (2008) beschrieb, dass durch die Operation der Weichteil-B-Punkt sich gleichermaßen mit dem skelettalen B-Punkt bewegte und sich dadurch signifikante Änderungen im Untergesicht einstellten.

Die Streuungswerte lagen geringfügig höher als bei der Klasse II.

Je kaudaler die untersuchten Weichteilpunkte lagen, umso größer war die Streuung bei beiden Klassen. Daher zeigten die Werte oberhalb des Oberlippen-Punktes (ULAlg) aufgrund der angewandten monomaxillären Technik keine Veränderungen (Arnett 1999).

Durch die Analyse der Werte und deren statistische Auswertung zeigte sich, wie schon in der metrischen Analyse festgestellt wurde, bei den Klasse II Probanden ein stabileres Ergebnis im Vergleich mit den Klasse III Probanden. Allerdings war das Ausmaß der Unterkieferverlagerung bei den Klasse III Patienten größer, so dass zum Zeitpunkt T3 bei beiden Untersuchungsgruppen ähnliche Ergebnisse der Lagekorrektur vorlagen, unabhängig, ob diese nach mesial oder distal erfolgte.

In der Tensoranalyse gab es die direkte Vergleichsmöglichkeit der Dreiecke durch Überlagerung der Röntgenbilder ohne Normwertevergleich.

In der Vertikalen zeigten sich bei beiden Klassen in den konstruierten Dreiecken nur geringe Veränderungen im Vergleich mit den sagittalen Werten zum Zeitpunkt T2 und auch eineinhalb Jahre nach der Operation (T3).

Bei der Untersuchung der sagittalen Lagebeziehungen lagen bei der Klasse II keine signifikanten Auffälligkeiten vor.

Bei der Untersuchung der Klasse III (Dilatation 1) kam es bei dem Dreieck SNMe zu einer signifikanten Differenz zwischen den Zeitpunkten T2 und T3. Dabei verschlechterte sich der Wert von T2 zu T3 um 2% in Richtung der präoperativen Situation und näherte sich dem stabilen Niveau der Klasse II mit 3% an.

Intermaxillär waren die vertikalen Veränderungen gering und blieben auch postoperativ stabil.

In der Sagittalen fielen in den Nachuntersuchungen der Klasse III postoperativ die statistisch signifikanten Verschiebungen des Pogonion-Punktes zwischen T2 und T3 um 5% in Richtung der präoperativen Ausgangssituation (T1) bei der Dilatation1 (D1) und Dilatation2 (D2) auf. Die Lage des B-Punktes veränderte sich nicht so stark wie die des Pogonion-Punktes.

Die Untersuchung der Dreiecke NMeGo und ArGoMe direkt im Zentrum der Veränderung im Unterkiefer zeigten stabilere Verhältnisse bei der Untersuchungsgruppe Klasse II. Bei der Klasse III zeichnete sich auf der Strecke Gonion-Menton in der Sagittalen eine Rezidivtendenz ab, wie auch schon in der sagittalen und intermaxillären Analyse beschrieben. Postoperativ verschlechterten sich die skelettalen Punkte (B, Pog und Me) von Zeitpunkt T2 zu T3 bei den Klasse III Patienten. Damit waren die Ergebnisse der Klasse II postoperativ nach eineinhalb Jahren sagittal stabiler als die der Untersuchungsgruppe Klasse III. Diese Erkenntnis bestätigte auch Luhmann (2007) in ihren Ergebnissen.

Bailey (1998) stellte in seinen Untersuchungen fest, dass bei Klasse III Patienten die postoperative Stabilität bei Durchführung einer monomaxillären Operationstechnik schlechter ist als bei der bimaxillär durchgeführten Technik. Um diese Rezidivtendenz zu verringern, wird die starre postoperative Fixierung der Fragmente durch Miniplatten (Van de Perre 1996) durchgeführt.

In der Literatur wird diskutiert (Costa 1999), ob die bimaxilläre Technik das postoperative Langzeitergebnis der Klasse III nachhaltig verbessert.

Beide Operationsmethoden werden heute häufig in Abhängigkeit vom Ausmaß der Dysgnathie eingesetzt (Lin 1998, Costa 1999, Marchetti 1999).

Als häufigste Komplikationen dieser Techniken werden Sensibilitätsstörungen (zweiter und dritter Ast des Nervus trigeminus) und Rezidive nach dem operativen Eingriff (Van de Perre 1996) genannt. Gefühlsstörungen betreffen nach sagittaler Spaltung im Unterkiefer die Unterlippe und das Kinn, bei der bimaxillären Technik oft die sensible Innervation der Oberkieferzähne.

Für die Rezidivbewertung werden in der Literatur begünstigende Faktoren genannt, wie die Wahl der Operationsmethode, Ausmaß und Richtung der Verlagerung (Watted 2001), stabile postoperative Positionierung der Fragmente (Marchetti 1999) und der myofunktionelle Einfluss (Hoppenreijns 1999) auf das operierte Gebiet.

Der monomaxilläre Eingriff im Unterkiefer ist einer bimaxillären Technik vorzuziehen, wenn eine sagittale Spaltung des Unterkiefers ausreicht, um die sagittale Diskrepanz bei einer

Klasse II oder Klasse III zu verringern (Costa 1999). Andererseits wird die Gefahr von Sensibilitätsstörungen bei einer Le Fort I Osteotomie verhindert.

Je größer die Segment-Verlagerung im Unterkiefer auf Grund der vorliegenden Dysgnathie erfolgte, umso höher beschrieb van Sickels die Rezidivgefahr (van Sickels 1996).

Aus funktioneller Sicht muss bei der Klasse II eine Streckung der Muskulatur angenommen werden. Um die postoperative Stabilität zu gewährleisten, trugen die Klasse II Patienten einige Monate nach dem chirurgischen Eingriff intermaxilläre Gummizüge, um der Rückfalltendenz durch die Muskelkraft entgegenzuwirken und damit Rezidivneigungen zu vermindern. Dadurch sind die Ergebnisse der Klasse II Probanden in ihrer Stabilität positiv beeinflusst worden.

Neben der Beachtung von Auswirkungen der Muskulatur durch Dehnung der suprahyoidalen Muskeln bei einer Unterkiefersegment-Vorverlagerung und den Einflüssen der eingeeengten Zunge bei einer Rückverlagerung auf die postoperative Situation (Ewers 1979) ist die korrekte dentale Abstützung (Watted 1999, 2001) eine wichtige Voraussetzung vor allem gegen eine Rezidivtendenz in der sagittalen Richtung. Daher ist darauf zu achten, dass die Adaptationsfähigkeit der Muskulatur in Abhängigkeit vom Ausmaß der operativen Veränderung nicht überschritten wird (Ewers 1979).

Möglicherweise sind die genannten Ursachen begünstigende Faktoren für die instabileren Ergebnisse der Klasse III im Vergleich mit der Klasse II bei nicht extrem ungleichem Potential der operativen Verlagerung. Daraus lässt sich ableiten, dass Klasse III Patienten mit einer stark ausgeprägten Anomalie ein stabileres postoperatives Ergebnis durch eine bimaxilläre Operation erwarten lassen.

Eine wesentliche Rolle muss der anterioren Lage der Zunge bei Klasse III Probanden zugesprochen werden. Selbst nach einer funktionellen kieferorthopädischen Therapie gelingt es nicht, diese offensichtlich anlagegeprägte Zungenfunktion zu verändern (Mattes 2008, 2009).

Die Werte der Untersuchungsgruppe Klasse II zeigten in allen durchgeführten Analysen stabilere Ergebnisse und haben zum Abschluss der Untersuchung eineinhalb Jahre nach der durchgeführten Operation einen positiveren Therapieverlauf genommen.

In der Literatur wird beschrieben, dass Mesialbisslagen mit einer starken Diskrepanz in der Vertikalen und Sagittalen häufig bimaxillär (Lin 1998, Johnston 2006) operiert werden, um die zu verlagernde Strecke auf den Ober- und Unterkiefer zu verteilen und die postoperativ auftretenden Kräfte zu verringern.

Durch die starre Fixierung der Fragemente und Durchführung der Segment-Verlagerungen auf den Ober- und Unterkiefer gilt die bimaxilläre Technik mit der Le Fort I Osteotomie stabiler als die alleinige Osteotomie im Unterkiefer (Michel und Reuther 1995, Moldez 2000). Bailey beschrieb, dass die Unterkieferrückverlagerung instabiler ist als die Oberkiefervorverlagerung (Bailey 1998). Bei einer bimaxillären Operation ist häufiger die Ursache eines Rezidivs im Unterkiefer als im Oberkiefer zu suchen (Michel und Reuther 1995).

Der Vorteil bei einer bimaxillären Operation ist, dass durch die Le Fort I Osteotomie (Van de Perre 1996) der Oberkiefer in allen 3 Ebenen (Jäger 1994) bewegt, eingestellt und fixiert werden kann, bevor der Unterkiefer an die neue Stellung des Oberkiefers angeglichen wird. Außerdem werden Kiefergelenkprobleme verringert (Heiser 1986, Luhr 1986), da ein Ausgleich der Diskrepanzen nicht nur im Unterkiefer stattfindet. Es wird dadurch die postoperative kieferorthopädische Behandlung vereinfacht und man kann relativ früh (nach vier-fünf Wochen) mit der Feineinstellung der Okklusion und Umstellung der Muskelfunktion beginnen. Außerdem wird für den weiteren Therapieverlauf eine Physiotherapie zur Rezidivvorbeugung empfohlen (Maurer 2003).

Das heißt, dass die monomaxilläre Unterkieferrückverlagerung nur in engen Grenzen möglich ist. Allerdings bringt sie eine stabile Reduzierung im Profil, wenn die „Schuld“ vor allem im Unterkiefer begründet ist. Auf diese Weise wird die monomandibuläre Operation eine wenn auch in Grenzen liegende Indikation behalten.

Die stabilen Ergebnisse nach der Klasse II Operation bedeuten, dass ohne Erfordernis der Reduzierung der vertikalen Dimension eine Vorverlagerung des Unterkiefers indiziert ist. Die Anpassungsfähigkeit der Muskulatur scheint beherrschbar zu sein gegenüber der offensichtlich therapeutisch weniger beeinflussbaren anterioren Zungenlage bei Klasse III Patienten.

Zusammenfassung

Patienten mit ästhetischen und funktionellen Problemen stellen sich in der Zahnarztpraxis vor, um sich über Behandlungsmöglichkeiten beraten zu lassen. Durch verbesserte kieferorthopädische und bei stark ausgeprägten Anomalien auch durch kieferchirurgische Verfahren, indem der Unterkiefer sagittal osteotomiert und dann nach anterior oder posterior in der Sagittalen verlagert wird, sind gute postoperative Ergebnisse möglich.

Um die Ergebnisse nach dem kieferchirurgischen Eingriff bewerten zu können, wurden folgende Zielstellungen formuliert:

Wie stabil sind die Ergebnisse postoperativ bei den Klasse II und Klasse III Anomalien über einen Zeitraum von eineinhalb Jahren?

Welche Faktoren können den Behandlungserfolg nachhaltig beeinflussen und verbessern oder verschlechtern?

Wann ist die monomaxilläre Operationstechnik zu empfehlen?

Insgesamt 41 Patienten, von denen 32 weiblich und 9 männlich waren, wurden auf Grund einer Klasse II (21 Patienten) oder Klasse III (20 Patienten) Anomalie kieferorthopädisch-kieferchirurgisch behandelt. Der operative Eingriff erfolgte monomaxillär durch eine sagittale Unterkieferspaltung nach Obwegeser-DalPont. Zu drei verschiedenen Zeitpunkten, T1 präoperativ, T2 eine Woche und T3 eineinhalb Jahre postoperativ, erfolgte die Anfertigung von Fernröntgenseitenbildern. Diese wurden digitalisiert und mit der kephalometrischen Analyse, der Weichteilprofilanalyse und der Tensoranalyse ausgewertet.

Die Ergebnisse der untersuchten Patienten zeigten vor allem in sagittaler Richtung, bedingt durch die Unterkiefersegmentverlagerung nach anterior bzw. posterior, skelettale Veränderungen und Profilveränderungen.

Unterschiedlich stark ausgeprägte signifikante Unterschiede zeigten sich bei beiden Untersuchungsgruppen in der kephalometrischen Analyse und der Weichteilprofilanalyse zwischen der Ausgangssituation T1 mit den postoperativen T2 und T3 Werten.

Der postoperative Vergleich mittels der metrischen Kephalmetrie war in der Vertikalen zwischen den Zeitpunkten T2 und T3 nicht signifikant verändert.

Sagittal zeigten sich signifikante Differenzen zwischen den Zeitpunkten T2 und T3 nur bei den Klasse III Probanden durch die Lageänderung des B-Punktes in Richtung des präoperativen Zustandes.

Dadurch lagen stabilere postoperative Ergebnisse bei der Klasse II vor als bei der Klasse III.

Die skelettalen Veränderungen wirkten sich auch auf das Weichteilprofil aus.

Beim Weichteilprofil fielen signifikante Verschlechterungen in der Klasse II bei dem Unterlippenpunkt (LLAlg) und dem Winkel TVL-EL, in der Klasse III stärker beim Weichteil-Pogonion (POGlg) auf.

In der Tensoranalyse zeigten sich ähnliche Ergebnisse wie bei den anderen beiden Analysen. Bei den intermaxillären Werten gab es bei der Klasse II keine statistisch signifikanten Auffälligkeiten. Bei der Klasse III traten signifikante Verschlechterungen im Vergleich der Zeitpunkte zwischen T2 und T3 bei den Dreiecken GoAB und GoAPog durch die größeren Streckenverkürzungen auf Grund der operativen Rückverlagerung auf. Auch beim Unterkiefer Dreieck ArGoMe (Tab. 30) kam es bei der Klasse III durch die Verkürzung der Strecke Go-Me (Abb. 56) zwischen T1-T2 gegenüber T1-T3 zu einer statistischen Auffälligkeit (D1: $p=0,040$).

Die Werte der Klasse II Patienten (Tab. 29) waren durch die Vorverlagerung intermaxillär und im Kieferwinkel sagittal um 3% (T1->T2) und 4% (T1->T3) (Abb. 56) vergrößert, aber nur vertikal signifikant (D2: $p=0,039$). Im Vergleich der Werte von T2 zu T3 waren diese nur geringen Veränderungen unterworfen. Dieses zeigte sich auch bei der kephalometrischen Analyse und der Weichteilprofilanalyse und bedeutet, dass die Ergebnisse der Klasse II postoperativ stabil zu bewerten waren.

Bei der Rückverlagerung des Unterkiefers sind einwirkende Kräfte wie Muskulatur und Zunge auf die bewegten Segmente zu beachten. Ebenso als rezidivfördernd wird die nicht korrekte Okklusion als destabilisierendes Merkmal in der Literatur erwähnt. Das Ausmaß der Dysgnathie und deren operative Verlagerung in der Sagittalen ist mitentscheidend für den Erfolg oder Misserfolg der Behandlung.

Andere Autoren beschrieben ebenfalls die instabileren postoperativen Ergebnisse von Klasse III Untersuchungsgruppen nach Unterkieferrückverlagerungen.

Die untersuchten Klasse III Probanden hatten unterschiedlich stark ausgeprägte Dysgnathien. Die alleinige Unterkieferrückverlagerung hat offensichtlich ein eingeschränktes Limit. Bei ausgeprägten Anomalien der Klasse III wird in der Literatur eine verbesserte postoperative Stabilität durch die bimaxilläre Operationstechnik empfohlen. Die eigenen Ergebnisse unterstützen diese Annahme.

6. Literaturverzeichnis

1. Acebal-Bianco, F.

Periooperative complications in corrective facial orthopedic surgery. A 5 Year Retrospective Study.

J Oral Maxillofac Surg 58 (2000): 754-760

2. Altug-Atac, Ayse T.

Facial Soft Tissue Profile Following Bimaxillary Orthognathic Surgery

Angle Orthodontist Vol.78 No.1 (2008): 50-57

3. Angle, E.H.

Okklusionsanomalien der Zähne

Verlag Hermann Meuser (1913) : 43-49

4. Arnett, G.W.

Soft tissue cephalometric analysis: Diagnosis and treatment planning of dentofacial deformity

Am J Orthod Dentofacial Orthop (1999): 239-253

5. Athanasiou, AE.

Concern, motivation and experience of orthognathic surgery patients: a retrospective study of 152 patients

J Adult Orthod Orthognath Surg (1989): 47-55

6. Bailey L.J., Duong H.L.

Surgical Class III treatment: Long-term stability and patient perceptions of treatment outcome.

Int J Adult Orthod Orthognath Surg 13 (1998): 35-44

7. Barber, D.H.

The dentofacial deformity program of the university of Michigan: Organizations, analysis of data and benefits of program.

Int J Adult Orthod Orthognathic Surg (1992): 119-128

8. Battagel, J.

Facial Growth of Males and Females, Compared by Tensor Analysis.

British J Orthod, Vol 21, (1994): 245-257

9. Bauer, W.

Motivation und Erfolgsbeurteilung erwachsener Patienten zur kieferorthopädischen Behandlung.

Fortschr Kieferorthop 51 (1990): 180-188

10. Berg, R.

Motivation als ausschlaggebender Faktor bei der Erwachsenenbehandlung.

Fortschr Kieferorthop (1986): 287-294

11. Berg, R.

Post-retention analysis of treatment problems and failures in 264 consecutively treated cases

Eur J Orthod (1979): 55-68

12. Bock, J.J.

Moderne kephalometrische Analysen in der Kieferorthopädie
Quintessenz 58/9 2007: 945-952

13. Bock, O.

Die präoperative Einstellung der Okklusion bei Veränderungen der Kieferlage durch Osteotomie.
Deutsche Zahnärztliche Zeitung 23 (1968): 1401

14. Bünger, R.

Extraktionen im Kindesalter und ihre Auswirkungen auf das Gesichtsschädelwachstum. Eine Auswertung mit Hilfe der Individualisierten Kephalmetrie und der Tensoranalyse
Diss Rostock (1996): 47-54

15. Canut, J.

Eine Analyse der dentofazialen Ästhetik.
Inf Orthodontic 28 (1996): 83-105

16. Chou D.G.

Association between severity of dentofacial deformity and motivation for orthodontic-orthognathic surgery treatment.
J Dental Research (1993): 286-288

17. Costa F.

Stability of Le Fort I osteotomy in maxillary advancement: review of the literature.
Int J Adult Orthod Orthognath Surg 14 (1999): 207-213

18. Costa F.

Stability of Le Fort I osteotomy in maxillary inferior repositioning: Review of the literature.
Int J Adult Orthod Orthognath Surg 15 (2000): 197-204

19. Dryland-Vig K.W.L.

Diagnosis and treatment planning for the Surgical-Orthodontic Patient.
Clinic Plastic Surg (1989): 645-658

20. Ehmer, U.

Die Rolle des Kieferorthopäden für die Motivation zu chirurgisch-kieferorthopädischen Therapiemaßnahmen.
Fortschr Kieferorthop (1987): 247-253

21. Ewers, R.

Kieferorthopädisch-gnathologische Maßnahmen als Vorbereitung für die Progenieoperation.
Fortschr Kieferorthop 40 (1979): 210-216

22. Finlay, P.M.

Orthognathic surgery: Patient expectations, psychological profile and satisfaction with outcome.
Br J Oral Maxillofac Surg 33 (1995): 9-14

23. Flanary, Carolyn M.

Patient responses to the orthogantic surgical experience: Factors leading to dissatisfaction.
J Oral Maxillofac Surg 41 (1983): 770-774

24. Heiser, W.

Grundlagenuntersuchungen über den Funktionszustand dysgnather Patienten.
Inf Orthod Kieferorthop (1986): 7-23

25. Hoppenreijs, T.J.

Psychologic implications of surgical-orthodontic treatment in patients with anterior open bite.
Int J Orthod Orthognath Surg Vol.14 (1999): 101-112

26. Jäger, A.

Korrektur von ausgeprägten Okklusionsstörungen durch kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgische Maßnahmen.
Deutscher Zahnärztekalendar (1994): 147-167

27. Järvinen, S.

Einführung zur kephalometrischen Tensoranalyse: 1-19
Vorlesungen in der Wilhelm-Pieck-Universität (1987)

28. Johnston, C.

Class III surgical-orthodontic treatment: a cephalometric study.
Am J Orthod Dentofacial Orthop 2006 Sep;130(3): 300-309

29. Kahl-Nieke, B.

Einführung in die Kieferorthopädie (2001)
Urban Fischer Verlag

30. Kiyak, H.A.

The psychological impact of orthognathic surgery: A 9-month follow-up.
Am J Orthod Dentofacial Orthop (1982): 404-412

31. Kiyak, H.A.

Sex differences in motives für and outcome of orthognathic surgery.
J Oral Surg 39 (1981): 757-764

32. Kiyak, H.A. 1984

Psychologic changes in orthognathic surgery patients: a 24-month follow up.
J Oral Maxillofac Surg 42 (1984): 506-512

33. Laufer, D.

Patient motivation and response to surgical correction of prognathism.
Oral Surg, Oral Med, Oral Path, Oral Radiology (1976): 309-313

34. Lin, S.S.

Soft and hard tissue changes in Class III patients treated by bimaxillary surgery.
Eur J Orthod 20 (1998): 25-33

35. Lindorf, H.H.:

Sagittal ramus osteotomy with tandem screw fixation - technique and results.
J Maxillofac Surg 14 (1986), 311-316

36. Lohrmann, B.

Wann besteht kieferorthopädischer Handlungsbedarf?
Die Quintessenz 52 (2001): 1241-1251

37. Luhmann, J.A.K.

Die Qualität der Langzeitergebnisse chirurgischer Dysgnathiebehandlungen.
Diss Berlin 2007

38. Luhr, H.G.

Bedeutung des Kinns für die Ästhetik des Gesichtes.
Fortschr Kiefer Gesichtschir 34 (1989): 23-26

39. Luhr, H.G.

Skelettverlagernde Operationen zur Harmonisierung des Gesichtprofils.
Die Ästhetik von Form und Funktion in der plastischen und Wiederherstellungschirurgie
Springer, Berlin (1985): 87-92

40. Luhr, H.G.

Formveränderung des UK durch kieferorthopädisch-chirurgische Maßnahmen mit stabiler
Fixation der Segmente.
Fortschr Kieferorthop (1986): 39-47

41. Marchetti, C.

Semirigid fixation of the mandible in bimaxillary orthognathic surgery: stability after 18
months.
Int J Adult Orthod Orthognath Surg Vol.14(1) (199): 37-45

42. Mattes, V., Bernhardt, J., Grabowski, R.

Die Zunge im Fernröntgenbild – methodische Möglichkeiten der Lagedefinition.
81. Wissenschaftliche Jahrestagung 12.-16. November 2008, P11

43. Maurer, P.

Interdisziplinäre Zusammenarbeit bei dysgnathiechirurgischen Eingriffen.
Quintessenz 54 (2003): 357-364

44. Mayo, KH.

Attitude variables of dentofacial deformity patients: demographic characteristics and
associations.
Int J Oral Maxillofac Surg 49 (1991): 594-602

45. Melsen, B.

Behandlungsproblem bei erwachsenen Patienten.
Fortschr Kieferorthop (1983): 12-27

46. Michel C., Reuther J.

Orthopädische Chirurgie des Gesichtsschädels.

In: Hausamen, JE, Machtens E, Reuther J (Hrsg.): Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie; Kirschnersche allgemeine und spezielle Operationslehre; Band II; Dritte Auflage; Springer; Berlin (1995); 360-401

47. Miethke, R.R.

Zur Lokalisationsgenauigkeit kephalometrischer Referenzpunkte.

Prakt Kieferorthop 3 (1989): 107-122

48. Moldez M.A.

Long-term dentofacial stability after bimaxillary surgery in skeletal Class III open bite patients.

Int J Adult Orthod Orthognath Surg 15 (2000): 309-319

49. Moyers, R.E.

Differential diagnosis of class II malocclusions:

Part 1-Facial types associated with Class II malocclusions.

Am J Orthod 78 (1980): 477-494

50. Obwegeser, H.

Eingriffe am Oberkiefer zur Korrektur des prognathen Zustandsbildes.

Schweiz Monatsschr für Zahnheilkd 75 (1965): 365-374

51. Olson, R.E.

Expectations of patients from orthognathic surgery.

J Oral Surg (1980): 283-285

52. Phillips, C.

Dentofacial disharmony: Motivations for seeking treatment.

Int J Adult Orthod Orthognath Surg (1997): 7-15

53. Rakosi, T.

Kephalometrische Analyse im Fernröntgenbild.

Kieferorthopädie (1989), Diagnostik: 179-205

54. Rittersma, J.

Patient information and patient preparation in orthognathic surgery: A medical Audit study.

J Maxillofac Surg (1980): 206-209

55. Reuther, J.

Kooperation zwischen Kieferorthopädie und Kieferchirurgie.

Prakt Kieferorthop 2: (1988) 177-188

56. Ruben, B.C.

Skeletal stability following sagittal split osteotomy using monocortical miniplate internal fixation.

J Oral Maxillofac Surg 17 (1988): 371-376

57. Scheuer, H.

Die Angle-Klasse II: Kieferorthopädische Aspekte kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgischer Behandlungskonzepte.

Kieferorthopädische Mitteilungen Band 3 (1991): 59-72

58. Schmuth, G.

Wie genau sind röntgenkephalometrische Befunde?

Österr Zeitung Stomatologie 68 (1971): 370-381

59. Schmuth, G.

Methodische Schwierigkeiten bei der Anwendung der Röntgenkephalometrie in der Kieferorthopädie.

Fortschr Kieferorthop 32 (1971): 317-325

60. Schmuth, P.F.

Gesichts-und Schädelprofilanalyse als Hilfe bei der kieferorthopädischen Diagnose und Behandlungsplanung.

Zahn-, Mund- und Kieferheilkd mit Zentralblatt (1988): 367-373

61. Sergl, H.G.

Zusammenhang zwischen psychischen Schwierigkeiten und dem Auftreten von Kieferanomalien.

Fortschr Kieferorthop (1967): 57-64

62. Stahl, F.

Kephalometrische, tensoranalytische und visuelle Analyse des Gesichtsschädelwachstums bei unbehandelten Probanden mit regelrechter Gebissentwicklung vom 7. bis 18. Lebensjahr

Med. Habilitationsschrift, Rostock (2007)

63 Stabrum A.

Precision in cephalometric landmark identification.

European J Orthod 4 (1982); 185-196

64. Stöckli, P.W.

Nahtstellen in der Zusammenarbeit zwischen KFO und Kieferchirurgie.

Schweiz Monatszeitschr Zahnheilkd (1980): 495-509

65. Schwarz, A.

Die Röntgenostatik (1959).

Urban und Schwarzenberg

66. Schwestka-Polly R.

Konzept einer kieferorthopädisch-kieferchirurgischen und (implantat-)prothetischen Therapie

Die Quintessenz 11 (2002), 1209-1218

67. Trauner, R.

Zur Operationstechnik bei der Progenie und andern Unterkieferanomalien.

Dtsch Zahn Mund Kieferheilkd 23 (1955): 1-26

68. Thilander, B.

Indications for orthodontic treatment in adults.
Eur J Orthodont (1979): 227-241

69. Van de Perre, J.P.A.

Perioperative morbidity in maxillofacial orthopaedic surgery: a retrospective study.
J Cranio Maxillofac Surg (1996); 24: 263-270

70. Van Sickels, J.E.

Stability of orthognathic surgery: a review of rigid Fixation.
Br J Oral Maxillofac Surg 34 (1996): 279-285

71. Wagner S., Reyneke J.P.

The Le-Fort I downsliding osteotomy: A study of long-term hard tissue stability.
Int J Adult Orthod Orthognath Surg 15 (2000): 37-49

72. Watted, N.

Behandlung von Klasse II-Dysgnathien
Funktionskieferorthopädische Therapie unter besonderer Berücksichtigung der dentofazialen Ästhetik.
Kieferorthop 13 (1999): 193-208

73. Watted, N.

Die interdisziplinäre Zusammenarbeit in der Zahnmedizin - Kieferorthopädisch-kieferchirurgische Behandlung.
Quintessenz 52, 6 (2001): 599-610

74. Watted, N.

Behandlung von Distalbisspatienten - Kombinierte Kieferorthopädisch-kieferchirurgische Therapie unter besonderer Berücksichtigung der dentofazialen Ästhetik.
Kieferorthop 15 (2001): 131-150

75. Watted, N.

Therapie von Klasse II,1 Dysgnathien
Funktionskieferorthopädische Therapie unter besonderer Berücksichtigung der dentofazialen Ästhetik.
Quintessenz 53/3 (2002): 253-261

76. Wilmot, J.J.

Association between severity of dentofacial deformity and motivation for orthodontic-orthognathic surgery treatment
Angle Orthodontist Vol.63 (1993): 283-288

An dieser Stelle möchte ich Frau Prof. Dr. Grabowski sehr herzlich danken für die Überlassung des Themas, die fortlaufend gewährte Betreuung und Unterstützung sowie die an der Poliklinik für Kieferorthopädie der Universität Rostock gewährten Arbeitsmöglichkeiten.

Mein besonderer Dank gilt Frau OÄ PD Dr. Stahl de Castrillon für die Möglichkeit der Nutzung des Rostocker Wachstumsanalyse Tools (ROWAT) zur Auswertung der Fernröntgenseitenbilder und ihrer persönlichen Unterstützung.

Danken möchte ich weiterhin Herrn Prof. Dr. Kundt für die statistische Bearbeitung der gesammelten Daten.

Ein liebes Dankeschön geht an meine Eltern für die Unterstützung bei der Durchführung der Dissertation.

Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe und die Dissertation von mir nicht vorher oder gleichzeitig bei einer anderen Fakultät eingereicht wurde.

Thomas Klitsch

Thesen

1. Bei einer ausgeprägten Dysgnathie der Klasse II oder Klasse III sind aufgrund jahrzehntelanger Weiterentwicklung kieferchirurgischer Verfahren diese für den Patienten weniger belastend geworden. Dabei spielt die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Kieferorthopädie und Kieferchirurgie eine bedeutende Rolle, insbesondere in Bezug auf die Stabilität der neuen Okklusionsbeziehungen. Da die Klasse II und Klasse III Dysgnathien skelettal und muskulär unterschiedliche Ausgangsbefunde vorweisen, unterscheiden sich dadurch die Therapie und deren Erfolg und Langzeitstabilität.
2. In den vorliegenden Untersuchungen sollte geprüft werden, wie mit der monomaxillären Operationstechnik postoperativ das Ergebnis und dessen Stabilität nach eineinhalb Jahren als stabil zu bewerten ist. Schlussfolgernd soll eine Aussage erfolgen, unter welchen Voraussetzungen die angewandte monomaxilläre Technik indiziert ist.
3. Dafür wurden 41 Patienten ausgewertet, 21 Patienten mit einer Klasse II und 20 Patienten mit einer Klasse III Anomalie. In der Gruppe der Klasse II waren 19 weibliche und 2 männliche Patienten, in der Gruppe der Klasse III 13 weibliche und 7 männliche Patienten. Das Durchschnittsalter betrug bei den Klasse II Patienten bei Behandlungsbeginn (T1) 29,5 Jahre und bei der Klasse III 21,9 Jahre. Der chirurgische Eingriff erfolgte monomaxillär im Unterkiefer als sagittale Unterkieferspaltung nach Obwegeser-Dal Pont.
4. Die Auswertung erfolgte mittels Fernröntgenseitenbildern prä- (T1) und postoperativ (T2) sowie als Spätkontrolle nach 18 Monaten (T3).
5. Die Auswertung der Fernröntgenseitenbilder erfolgte durch die kephalometrische Analyse, die Profilanalyse und die Tensoranalyse.
6. Die Ergebnisse der intermaxillären sagittalen Veränderungen zeigten bei beiden Klassen in der kephalometrischen Analyse postoperative Verbesserungen. Bei der Klasse II blieben die Ergebnisse postoperativ stabil. Die Lage des B-Punktes veränderte sich bei den Klasse III Patienten signifikant zwischen den Zeitpunkten T2 und T3 wieder in Richtung T1.
7. Die Ergebnisse der intermaxillären vertikalen Veränderungen zeigten bei beiden untersuchten Klassen postoperativ nur geringe Veränderungen. Die größten messbaren Differenzen lagen zwischen T1 und T2 vor.

8. Die Auswirkungen der skelettalen Veränderungen auf das Weichteilprofil zeigten bei beiden untersuchten Klassen postoperative Verbesserungen. Bei der Klasse III verschlechterte sich der Weichteilpogonion-Punkt signifikant zwischen T2 und T3.
9. Bei den Ergebnissen der Tensoranalyse geht aus den Dreiecken GoAPog, ArGoMe und NMeGo hervor, dass die sagittalen Lagebeziehungen postoperativ und bei der Nachkontrolle bei den Patienten mit Unterkieferverlagerung sehr stabil waren. Bei den Probanden mit Unterkiefernückverlagerung war die Entwicklung vom Zeitpunkt T3 (Nachkontrolle) in Richtung T1 (präoperativ) signifikant rückläufig.
10. Bei der Zusammenfassung aller Analysen fallen die Ergebnisse der Klasse II Probanden postoperativ (T2->T3) nach eineinhalb Jahren stabiler aus als die der Klasse III Probanden.
11. Die Ergebnisse der Klasse III Patienten fallen durch stärkere postoperative Verschlechterungen (T2->T3) vor allem in der Sagittalen zwischen T2 und T3 auf.
12. Die Stabilität der sagittalen Lagebeziehung nach Unterkieferverlagerung ist trotz des Faktors Muskulatur im Bereich von 4,5 mm unabhängig vom Rotationsmuster als stabil anzusehen.
13. Eine über das Maß von 6 mm hinausgehende Unterkieferverlagerung erwies sich als nicht stabil. Limitierende Faktoren wie die Zunge und die Muskulatur, die Okklusion und das Ausmaß der Dysgnathie können das Ergebnis nachhaltig beeinflussen.
14. Unter den einschränkenden Bedingungen ist eine monomaxilläre Operation bei der Angle Klasse II unabhängig vom Rotationsmuster stabil möglich.
15. Eine Unterkiefernückverlagerung ist durch den offensichtlich weniger gut beeinflussbaren Faktor der Zungenposition über ein Ausmaß von 6 mm nicht stabil.
16. Die Profilveränderungen entsprechen bei beiden Anomalien den skelettal möglichen Umstellungen.